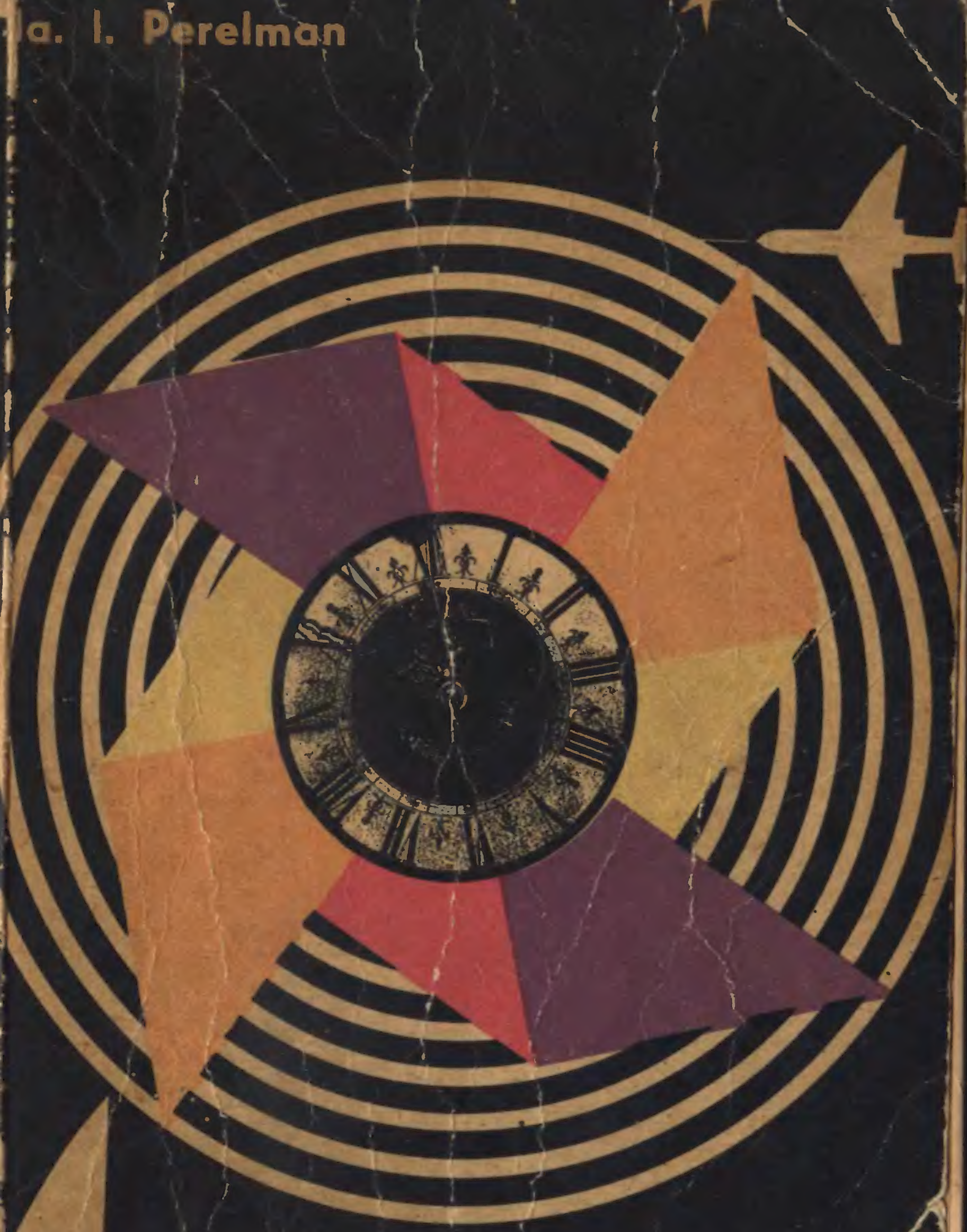
a. I. Perelman



FIZICA DISTRACTIVĂ

Desenele după originalul l., ruse

Coperta de DUMITRU IONESCU

Cartea este scrisă de un cunoscut popularizator şi pedagog. Ea conţine paradoxuri, ghicitori, probleme, experienţe, întrebări şi povestiri distractive din domeniul fizicii. Prin felul expunerii şi prin volumul de cunoştinţe solicitate, cartea se adresează elevilor din şcolile medii şi persoanelor care au un nivel de cunoştinţe similar.

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

МОСКВА 1965

DIN PARTEA REDACȚIEI SOVIETICE

Ediția de față a *Fizicii distractive* a lui Ia. I. Perelman este a 17-a. Precedenta a apărut acum șase ani și este de mult epuizată.

Cartea își datorează succesul talentului, cu adevărat rar, cu care autorul a știut să observe și să culeagă din viață fapte și fenomene aparent neînsemnate și obișnuite, dar care, prin esența lor fizică au o semnificație profundă. Datorită formei accesibile a expunerii și caracterului ei distractiv, cartea se bucură de o largă popularitate în rîndurile cititorilor.

Scriind-o autorul a urmărit obiective bine definite. Povestind despre noțiuni și legi de mult cunoscute și bine fundamentate, autorul s-a orientat spre fundamentele fizicii moderne, căutînd să-l deprindă pe cititor „să gîndească în spiritul fizicii". De pe aceste poziții este ușor de înțeles de ce în cartea de față nu a fost rezervat un loc celor mai noi cuceriri din radioelectronică, fizică atomică și altor probleme moderne.

Scrisă aproape acum o jumătate de veac, cartea a fost mereu îmbunătățită și completată de autor pînă la ediția a 13-a inclusiv (1936). Edițiile a 14-a și a 15-a (1947—1949) au văzut lumina tiparului fără contribuția autorului, sub redacția prof. A. B. Mlodzeevski. La pregătirea și la redactarea ediției a 16-a a participat docentul V. A. Ugarov.

Reeditînd din nou *Fizica distractivă*, redacția nu a mai urmărit prelucrarea radicală a textului acestei cărți, de acum binecunoscute. La redactarea ei au fost doar înlocuite unele cifre si definiții depășite, au fost eliminate unele proiecte care s-au dovedit a fi nejustificate au fost reînnoite și corectate unele desene și s-au făcut unele completări și note la text.

DIN PREFAŢA AUTORULUI LA EDIŢIA A 13-a

În această carte, autorul nu urmăreşte atît scopul de a-i comunica cititorului cunoştinţe noi cît de a-l ajuta „să cunoască ceea ce ştie", adică să aprofundeze şi să-şi imagineze noţiunile de bază din fizică ce-i sînt cunoscute, să înveţe să le folosească şi să se deprindă să le aplice în diferite împrejurări. Aceasta se realizează prin analizarea unui caleidoscop de ghicitori şi de probleme distractive, de tot felul de povestiri interesante, paradoxuri şi comparaţii neaşteptate din domeniul fizicii, culese din cercul de fenomene ale vieţii cotidiene sau din opere literare ştiinţifico-fantastice binecunoscute. De materialul din ultima sursă, autorul s-a folosit din plin, considerînd că ea corespunde cel mai bine scopurilor culegerii de faţă: sînt citate fragmente din romanele şi povestirile lui Jules Verne, Wells, Mark Twain ş.a. Experienţele fantastice descrise în ele, pe lîngă latura lor pasionantă, pot juca un rol important şi ca ilustraţii vii la cele expuse.

Autorul cărţii de faţă a încercat de asemenea, pe cît posibil, să expună cele menţionate mai sus într-o formă interesantă, să facă obiectul expunerii cît mai atractiv posibil. El a adoptat axioma psihologică, conform căreia interesul faţă de o problemă face să crească atenţia, uşurează înţelegerea şi, prin urmare, contribuie la o asimilare mai conştientă şi mai temeinică.

Contrar obiceiului devenit tradiţional pentru acest gen de culegeri, în *Fizica distractivă* s-a rezervat foarte puţin loc descrieri unor *experienţe* de fizică amuzante şi de efect. Destinaţia acestei cărţi este alta decît cea a culegerilor care oferă material pentru experienţe. Scopul principal al cărţii este de a stimula activ imaginaţia ştiinţifică, de a-l deprinde pe cititor să gîndească în spiritul fizicii şi de a-i crea în memorie numeroase asociaţii între cunoştinţele sale de fizică şi diversele fenomene ale vieţii cotidiene.

Ideea după care s-a călăuzit autorul la revizuirea cărţii a fost formulată de către V. I. Lenin astfel: „Scriitorul popularizator îl apropie pe cititor de o idee profundă, de o învăţătură profundă, plecînd de la datele cele mai simple şi îndeobşte cunoscute, arătînd, cu argumente simple sau exemple bine alese, principalele *concluzii* care se pot trage din aceste date şi punînd mereu pe cititorul în stare să gîndească în faţa a noi şi noi probleme. Scriitorul popularizator presupune că are de-a face nu cu un cititor care nu gîndeşte, care nu vrea sau nu e în stare să gîndească, ci, dimpotrivă, cu un cititor nedezvoltat, care e într-adevăr animat de intenţia de a-şi pune mintea la contribuţie şi-l *ajută* să facă această treabă serioasă şi grea, îl îndrumează, ajutîndu-l să facă primii paşi şi *învăţîndu-l* să meargă singur mai departe.“[1]

Pentru a veni în întîmpinarea interesului pe care cititorii l-ar putea manifesta faţă de istoricul acestei cărţi, dăm cîteva date bibliografice.

Fizica distractivă s-a născut acum un sfert de veac şi a fost prima din numeroasa familie de cărţi scrise de acelaşi autor, familie care numără acum cîţiva zeci de membri.

Fizica distractivă a pătruns, după cum atestă scrisorile cititorilor, în cele mai îndepărtate colţuri ale Uniunii Sovietice.

Răspîndirea largă a cărţii — mărturie a interesului viu pe care-l manifestă cercurile largi faţă de problemele fizicii — măreşte responsabilitatea autorului faţă de calitatea materialului pe care-l cuprinde. Fiind conştient de responsabilitatea ce-i revine, autorul a făcut numeroase schimbări şi adăugiri la fiecare ediţie nouă a *Fizicii distractive*. *Se poate afirma* că această carte a fost scrisă în decursul tuturor celor 25 de ani ai existenţei ei. În ultima ediţie a fost păstrată cel mult o jumătate din textul ei iniţial, iar figurile au fost înlocuite aproape integral.

Autorul a primit de la unii cititori scrisori cu rugămintea de a se abţine de la prelucrarea textului, pentru a nu-i forţa ca „din pricina a zece pagini noi să cumpere fiecare ediţie nou apărută“. Nu credem însă că astfel de considerente îl pot absolvi pe autor de obligaţia de a-şi îmbunătăţi opera. *Fizica distractivă* nu este o operă literară, ci una ştiinţifică, chiar dacă este vorba numai de

---

[1] V. I. Lenin, *Opere complete*, ed. a II-a, vol. V, Buc., Edit. politică, 1964, p. 358.

ştiinţă popularizată. Obiectul ei este fizica, ale cărei baze sînt într-un continuu proces de îmbogăţire cu date noi, care trebuie să fie periodic incluse în text.

Pe de altă parte, mi se reproşează adesea că *Fizica distractivă* nu abordează probleme ca cele mai noi realizări ale radiotehnicii, dezagregarea nucleului atomic, teoriile fizicii moderne ş.a. Reproşurile de acest gen se datoresc unei neînţelegeri. *Fizica distractivă* are la bază un scop bine definit, iar examinarea problemelor menţionate constituie sarcina altor lucrări.

În afară de volumul al doilea al *Fizicii distractive*, cărţii de faţă i se alătură alte cîteva lucrări ale autorului. Una dintre ele se adresează cititorului cu nivel de pregătire relativ scăzut care nu a început încă studiul sistematic al fizicii. Aceasta este intitulată *Fizica la fiecare pas* (editată de *Detizdat*). Alte două căţi se adresează, dimpotrivă, persoanelor care au terminat studiul fizicii la nivelul şcolii medii. Este vorba de *Mecanica distractivă* şi *Cunoaşteţi fizica?* Ultima este, într-un fel, o continuare a *Fizicii distractive.*

1936.

IA. I. PERELMAN

Capitolul 1

VITEZA. COMPUNEREA MIȘCĂRILOR

CÎT DE REPEDE MERGEM?

Un sportiv, bun alergător, parcurge distanța de 1,5 km în aproximativ 3'50". Pentru a putea compara viteza aceasta cu viteza de mers obișnuită (1,5 m pe secundă) trebuie să facem un mic calcul, al cărui rezultat ne va arăta că sportivul parcurge 7 m pe secundă. De altfel, trebuie să menționăm că aceste două viteze nu sînt pe deplin comparabile: pietonul poate să meargă multă vreme, ore întregi, cîte 5 km pe oră, pe cînd sportivul poate rezista la efortul depus pentru a păstra o viteză sporită numai un timp scurt. O unitate de infanterie se deplasează, în pas forțat, cu o viteză de trei ori mai mică decît cea a alergătorului ; ea face 2 m pe secundă sau 7 km și ceva pe oră, avînd însă față de sportiv avantajul de a putea parcurge distanțe incomparabil mai mari.

Este interesant de comparat mersul normal al omului cu viteza de deplasare a unor animale devenite proverbiale pentru încetineala lor, cum sînt melcul și broasca țestoasă. Melcul nu-și dezice de loc reputația: el parcurge 1,5 mm pe secundă, adică 5,4 m pe oră, sau de o mie de ori mai puțin decît omul. Celălalt animal devenit proverbial pentru încetineala lui, broasca țestoasă, nu-l depășește prea mult pe melc, viteza ei obișnuită fiind de circa 70 m pe oră.

Omul, atît de iute în comparaţie cu melcul şi cu broasca ţestoasă, ne va apărea într-o altă lumină dacă-i comparăm mersul cu alte mişcări, chiar şi cu cele nu prea rapide, din natura înconjurătoare. Este drept că el depăşeşte cu uşurinţă

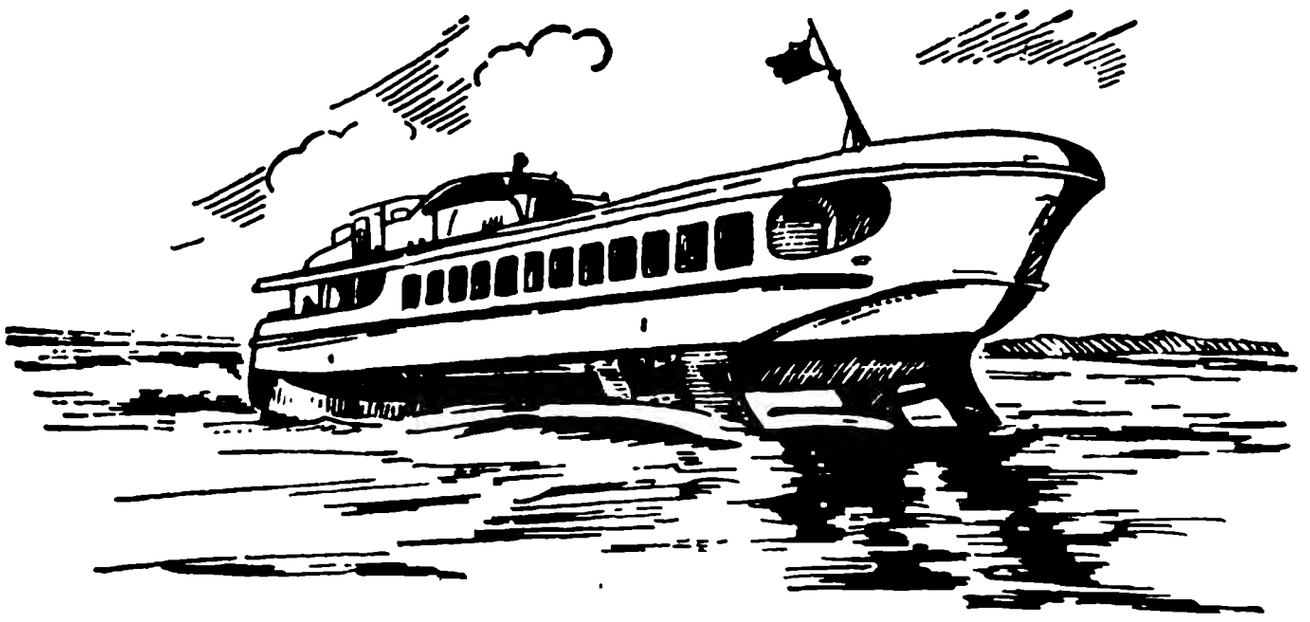


Figura 1 — Motonava rapidă de pasageri cu aripi subacvatice.

cursul apei rîurilor de şes şi nu rămîne cu mult în urma unui vînt moderat. Dar cu musca, care zboară cu o viteză de 5 m pe secundă, omul se poate lua la întrecere cu succes doar dacă îşi pune schiuri. Pe iepure însă sau pe cîinele de vînătoare, omul nu-l poate întrece nici chiar dacă încalecă un cal care aleargă în plin galop. Iar cu vulturul omul se poate lua la întrecere numai folosind avionul.

Maşinile inventate de om îl fac pe acesta fiinţa cea mai rapidă din lume.

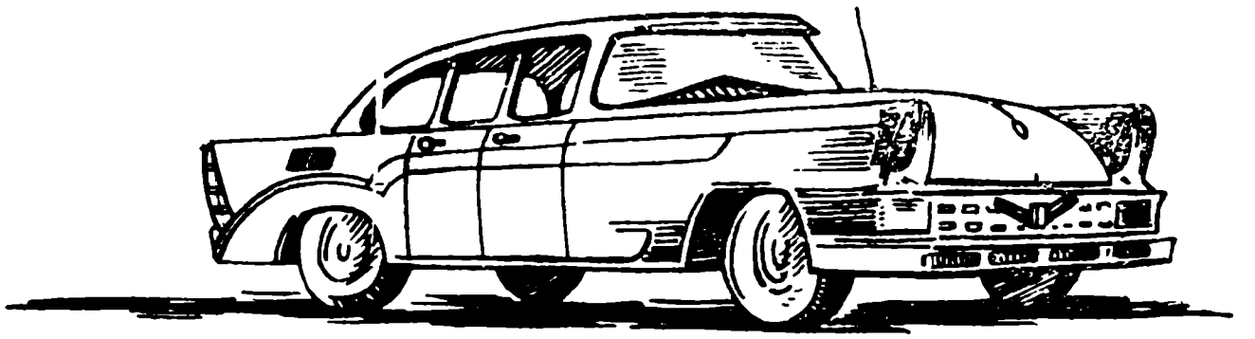


Figura 2 — Autoturismul ZIL—111.

De curînd, în U.R.S.S. a fost construită o motonavă de pasageri cu aripi subacvatice (fig. 1), care dezvoltă viteza de 60—70 km pe oră. Pe uscat omul se poate deplasa mai repede decît pe apă. În unele locuri, viteza de deplasare a trenurilor de pasageri din U.R.S.S. atinge 100 km/oră. Autoturismul ZIL—111, (fig. 2), poate atinge o viteză de

170 km/oră, iar autoturismul cu șapte locuri *Ceaika* pînă la 160 km/oră.

Aceste viteze au fost mult depășite de aviația modernă. Multe linii ale Flotei aeriene civile a U.R.S.S. sînt deser-

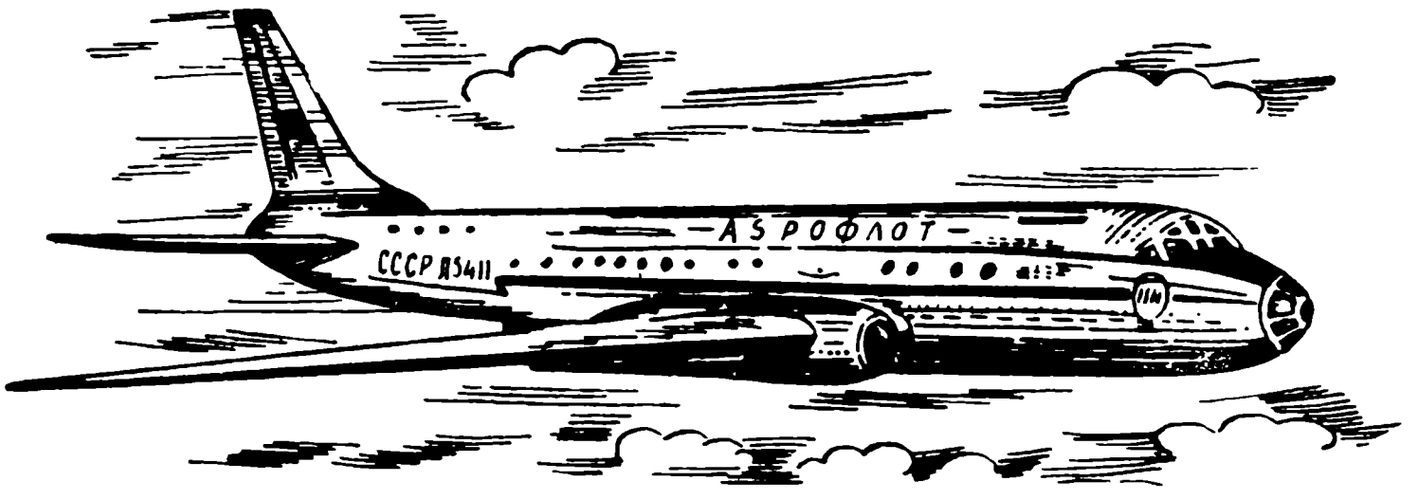


Figura 3 — Avionul de pasageri cu reacție TU—104.

vite de avioanele de cursă TU-104 și TU-114 (fig. 3). Viteza medie de zbor a acestor avioane este de aproximativ 800 km/oră. Încă nu de mult, în fața constructorilor de avioane stătea problema depășirii „barierei sonice", a depășirii vitezei sunetului (330 m/s, adică 1 200 km/oră). În prezent, această problemă a fost rezolvată. Viteza avioanelor mici cu motoare cu reacție puternice se apropie de 2 000 km/oră.

Aparatele create de om pot atinge viteze și mai mari. Primul satelit artificial sovietic al Pămîntului a fost lansat cu o viteză inițială de circa 8 km/s. În sfîrșit, rachetele cosmice sovietice au depășit cea de-a doua viteză cosmică, care în apropiere de suprafața Pămîntului este de 11,2 km/s, fapt datorită căruia au ieșit din limitele cîmpului de gravitație al Pămîntului. Cititorul poate consulta tabela de mai jos a unor viteze:

Melcul	1,5 mm/s	5,4 m/oră
Broasca țestoasă	20 „	72 „
Peștele	1 m/s	3,6 km/oră
Pietonul	1,4 „	5 „
Cavalerie la pas	1,7 „	6 „
„ „ trap	3,5 „	12,6 „
Musca	5 „	18 „
Schiorul	5 „	18 „

Cavalerie în galop	8,5	m/s	30	km/oră
Motonava cu aripi subacvatice	16	„	58	„
Iepurele	18	„	65	„
Vulturul	24	„	86	„
Cîinele de vînătoare.....	25	„	90	„
Trenul	28	„	100	„
Automobilul ZIL-111	50	„	170	„
Automobilul de curse (record)	174	„	633	„
TU-104	220	„	800	„
Sunetul în aer	330	„	1 200	„
Avionul cu reacţie uşor ..	550	„	2 000	„
Pămîntul pe orbită.....	30 000	„	108 000	„

ÎN GOANĂ DUPĂ TIMP

Se poate oare decola din Vladivostok la ora 8 dimineaţa şi ateriza tot la ora 8 în dimineaţa aceleiaşi zile la Moscova? Această problemă nu este de loc lipsită de sens. Da, se poate. Pentru a înţelege răspunsul trebuie să ne amintim doar că diferenţa de timp zonal între Vladivostok şi Moscova este de nouă ore. Şi, dacă un avion poate parcurge în acest timp distanţa dintre Vladivostok şi Moscova, atunci el va ateriza la Moscova la aceeaşi oră la care a decolat la Vladivostok.

Distanţa Vladivostok-Moscova este de aproximativ 9000 km. Prin urmare, viteza avionului trebuie să fie egală cu 9 000 : : 9 = 1 000 km/oră. Aceasta este o viteză pe deplin realizabilă în condiţiile actuale.

Pentru „a întrece Soarele“ (sau, mai exact, Pămîntul) la latitudinile polare este necesară o viteză mult mai mică. La paralela 77 (Novaia Zemlea), un avion cu viteza de aproximativ 450 km/oră parcurge aceeaşi distanţă pe care reuşeşte s-o parcurgă, în acelaşi interval de timp, un punct al suprafeţei terestre în timpul rotirii Pămîntului în jurul axei proprii. Pentru pasagerul unui astfel de avion, Soarele va părea oprit, nemişcat pe bolta cerească, fără să se apropie de apus (se înţelege

de la sine că este necesar ca avionul să se deplaseze în direcţia corespunzătoare).

Este şi mai uşor „să întrecem Luna" în rotaţia ei în jurul Pămîntului. Luna se roteşte în jurul Pămîntului de 29 de ori mai încet decît se roteşte Pămîntul în jurul axei sale (sînt comparate, bineînţeles, aşa-numitele *viteze unghiulare* şi nu cele liniare). De aceea un vapor care parcurge 25—30 km/oră poate „depăşi Luna" chiar la latitudini mijlocii.

Un astfel de fenomen este menţionat de Mark Twain în schiţele lui. În timpul călătoriei pe Oceanul Atlantic de la New York spre insulele Azore: „Erau zile minunate de vară, iar nopţile erau şi mai pline de farmec. Am avut ocazia să observăm un fenomen straniu: Luna apărea în fiecare seară la aceeaşi oră, în acelaşi punct al bolţii cereşti. La început, cauza acestei comportări originale a Lunii a rămas pentru noi un mister, dar mai tîrziu ne-am dumirit despre ce era vorba: noi ne deplasam în fiecare oră cu 20' longitudine spre răsărit, adică cu acea viteză care nu ne permitea să rămînem în urma Lunii!"

O MIIME DE SECUNDĂ

Pentru noi, cei obişnuiţi să măsurăm timpul cu unităţile de măsură cotidiene, o miime de secundă este, practic, egală cu zero. Asemenea intervale de timp au început să fie întîlnite în practica noastră numai de curînd.

Cînd timpul era determinat după înălţimea Soarelui sau după lungimea umbrei, atunci nu putea fi vorba nici măcar de o precizie pînă la un minut (fig. 4); oamenii considerau că minutul este o unitate de măsură prea mică pentru a merita să fie măsurată. În antichitate, omul ducea o viaţă atît de lentă, încît pe ceasul lui — solar, de apă, cu nisip — nu existau diviziuni pentru minute (fig. 5). Numai la începutul secolului al XVIII-lea pe cadranul ceasului a început să apară acul minutarului. Iar la începutul secolului al XIX-lea a apărut şi acul secundarului.

Şi, totuşi, ce se poate întîmpla într-o miime de secundă? Foarte multe! Este drept că trenul se poate deplasa în acest interval de timp doar pe o distanţă de vreo trei centimetri;

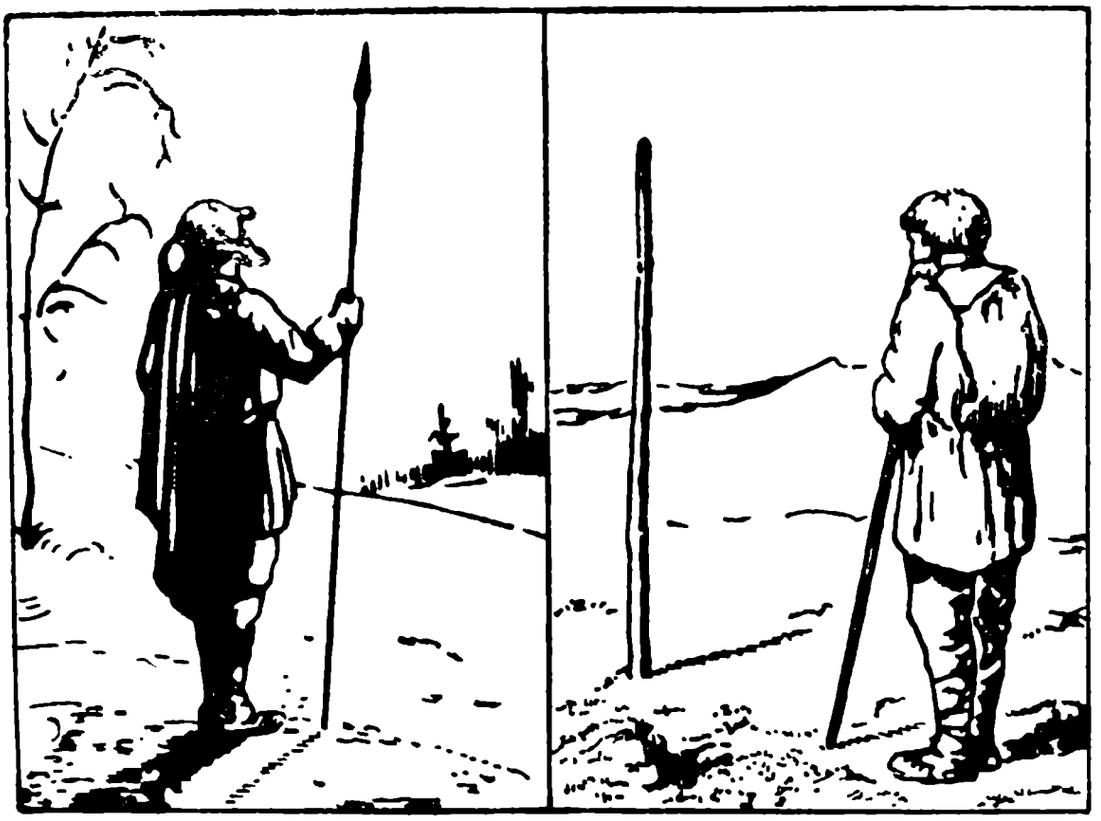


Figura 4 — Determinarea timpului în decursul zilei, după poziţia Soarelui pe bolta cerească (stînga) şi după lungimea umbrei (dreapra)

sunetul însă va parcurge 33 cm, avionul aproximativ o jumătate de metru, globul pămîntesc în mişcarea lui în jurul Soarelui în acest interval de timp 30 m, iar lumina 300 km.

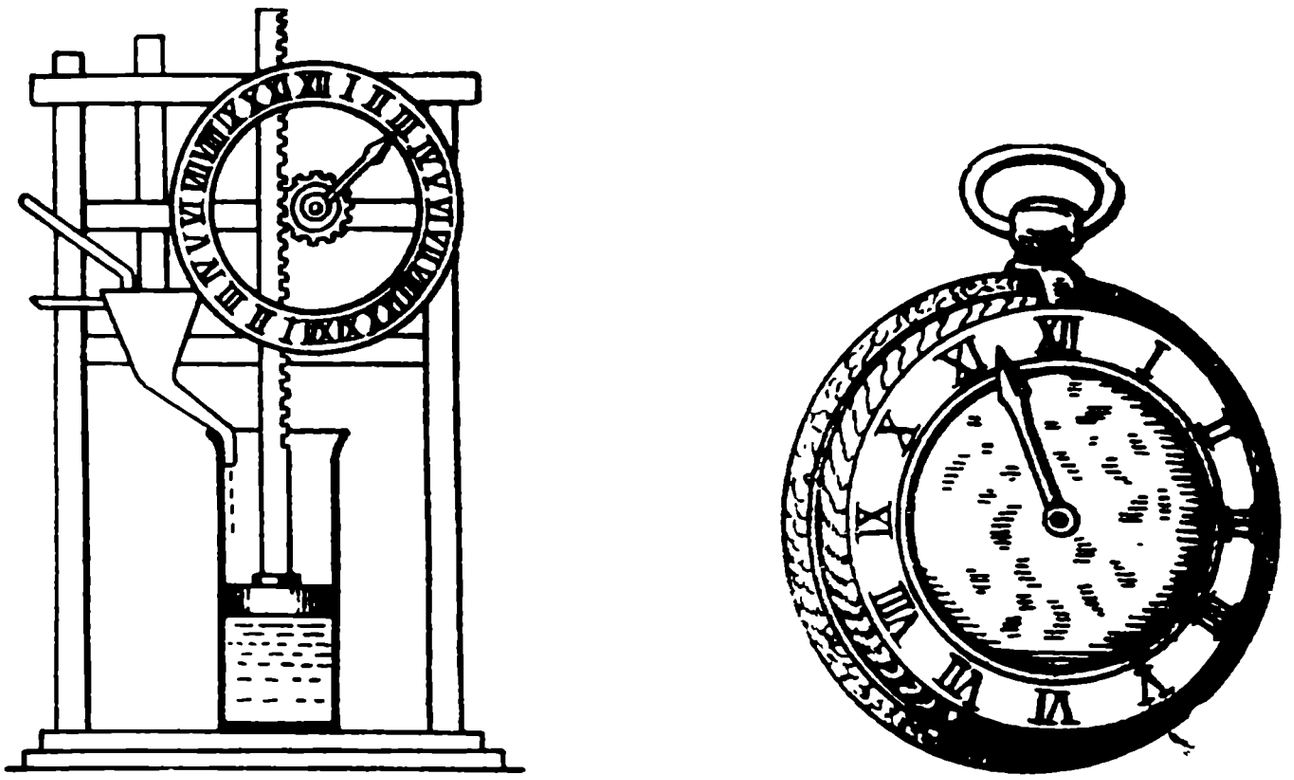


Figura 5 — Ceasul de apă (stînga), folosit în antichitate. În dreapta — un vechi ceas de buzunar. Nici unul şi nici celălalt nu au încă minutare.

Dacă minusculele vietăţi care ne înconjoară ar fi înzestrate cu raţiune, o miime de secundă n-ar fi pentru ele un interval neglijabil. Pentru insecte, această fracţiune de timp este destul de mare. Într-o secundă, un ţînţar îşi flutură aripioarele de 500—600 de ori; prin urmare, într-o miime de secundă el reuşeşte ori să le ridice, ori să le coboare.

Omul este incapabil să-şi mişte membrele la fel de repede ca insectele. Mişcarea noastră cea mai rapidă este clipirea, de unde provin şi expresiile de „clipă“ şi „cît ai clipi din ochi.“ Această mişcare este atît de rapidă, încît nu avem timp să observăm nici măcar întunecarea temporară a cîmpului vizual. Sînt puţini însă cei care ştiu că această mişcare, care a devenit sinonimul rapidităţii nemaipomenite, se desfăşoară destul de încet dacă o măsurăm în miimi de secundă. O „clipă“ durează, după cum au arătat măsurătorile de precizie, în medie 2/5 dintr-o secundă, adică 400 de miimi de secundă. Ea are următoarele faze: coborîrea pleoapei (70—90 miimi de secundă, starea de imobilitate a pleoapei coborîte (130—170 miimi) şi ridicarea ei (circa 170 miimi). După cum vedeţi, o „clipă“, în sensul ei strict, este un interval de timp destul de mare, timp în care globul ochiului poate să se şi odihnească puţin. Şi dacă am putea percepe distinct impresiile care durează o miime de secundă, atunci într-o „clipită“ am sesiza două mişcări line ale pleoapei, separate între ele printr-un interval de repaus.

Dacă sistemul nostru nervos ar fi astfel alcătuit, atunci lumea înconjurătoare ar deveni pentru noi de nerecunoscut. Descrierea acelor imagini stranii, care ar apărea atunci în faţa ochilor noştri, a fost dată de scriitorul englez Wells în povestirea *Cel mai nou accelerator*. Eroii povestirii au băut un elixir fantastic care acţiona asupra sistemului nervos şi făcea ca organele simţurilor să devină sensibile la perceperea distinctă a fenomenelor instantanee. Iată cîteva fragmente din povestire:

„— Ai văzut vreodată pînă acum la vreo fereastră o perdea înţepenită aşa?

I-am urmat privirea. Într-adevăr, capătul perdelei era cu colţul ridicat, ca şi cînd ar fi îngheţat în timp ce flutura în adierea vîntului.

— Nu, n-am mai văzut. Ce ciudat!

— Iată, spuse el descleştîndu-şi mîna de pe pahar.

Firește, am tresărit, așteptîndu-mă ca paharul să cadă și să se spargă. Dar, departe de a se sfărîma, părea că nici nu se mișcă; rămînea în aer nemișcat.

— La această latitudine, spuse Gibberne, un obiect cade la început cu aproximativ 16 picioare pe secundă[1]. Așadar paharul acesta cade acum cu 16 picioare pe secundă. Numai că, știi, pînă acum nu a căzut nici cu o sutime de secundă măcar. Ți-o spun ca să-ți dai seama întrucîtva de viteza imprimată de «acceleratorul» meu.

Flutură mîna de jur împrejurul, deasupra și dedesubtul paharului care cobora încet...

Am privit pe fereastră. Un biciclist nemișcat, cu capul aplecat și cu un nor de praf încremenit în urma roții din spate, alerga cu toată viteza pentru a întrece un tramcar în galop care nu se mișca...

... Partea de sus a roților și cîteva dintre picioarele cailor tramcarului, sfîrcul biciului și falca vizitiului care tocmai începuse să caște erau în mod perceptibil în mișcare, dar tot restul vehiculului acela aglomerat părea liniștit. Și cu desăvîrșire tăcut. Și printre componentele acestui bloc înghețat erau: un vizitiu, un taxator și unsprezece oameni! ...

... Un domn cu fața purpurie înțepenise în mijlocul unei lupte violente cu vîntul în timp ce-și împăturea ziarul; erau multe semne că bătea un vînt serios, dar noi nu-l simțeam ...

... Tot ceea ce spusesem, gîndisem și făcusem de cînd preparatul începuse să acționeze în vinele mele se petrecuse pentru acești oameni, pentru întreaga omenire, într-o clipită".

Probabil că cititorii vor fi curioși să afle care este intervalul de timp cel mai scurt ce poate fi măsurat cu mijloacele puse la dispoziție de știința modernă. Încă la începutul secolului nostru el era egal cu a 10 000-a parte dintr-o secundă, iar în prezent fizicianul are posibilitatea de a măsura în laboratorul său a 100 000 000 000-a parte dintr-o secundă. Acest interval de timp este aproximativ tot de atîtea ori mai mic decît o secundă întreagă de cîte ori o secundă este mai mică decît 3 000 de ani!

---

[1] 16 picioare = circa 5 metri. Trebuie să ținem seama și de faptul că, în prima sutime a primei secunde de cădere, corpul nu parcurge o sutime din 5 m, ci a 10 000-a parte (după formula $S = \frac{1}{2} gt^2$), adică o jumătate de milimetru, iar în prima miime de secundă doar 1/200 mm.

Pe vremea cînd Wells își scria *Cel mai nou accelerator*, desigur că el s-a gîndit că ceva asemănător ar putea fi realizat vreodată în realitate. Totuși, el a trăit pînă în acele vremuri cînd a putut să vadă cu propriii săi ochi — este adevărat, numai pe ecrane — acele imagini pe care le-a creat cîndva imaginația sa. Așa-numita „lupă de timp" ne arată pe ecran într-un ritm încetinit multe dintre fenomenele care se petrec de obicei rapid.

„Lupa de timp" este o cameră de cinema care, în loc de 24 de cadre pe secundă cum iau aparatele cinematografice obișnuite, înregistrează un număr de cadre mult mai mare. Dacă fenomenul astfel filmat este proiectat pe ecran cu o viteză de 24 de cadre pe secundă, atunci spectatorii îl pot vedea pe ecran mult încetinit, desfășurat cu o viteză mai mică decît cea normală de un număr de ori corespunzător. Probabil că cititorul a avut ocazia să vadă pe ecran sărituri anormal de line și alte fenomene mult încetinite. Cu ajutorul unor aparate mult mai complexe de același gen, se realizează încetiniri și mai mari, care aproape reproduc ceea ce este descris în povestirea lui Wells.

CÎND NE DEPLASĂM MAI REPEDE ÎN JURUL SOARELUI: ZIUA SAU NOAPTEA?

În ziarele pariziene a apărut odată un anunț în care se preciza că fiecărui cetățean care va plăti 25 de centime i se va indica metoda de a călători ieftin și fără nici o oboseală. S-au găsit unii creduli care au trimis cele 25 de centime cerute. Drept răspuns fiecare dintre ei a primit prin poștă o scrisoare cu următorul conținut:

„Rămîneți liniștit, cetățene, în patul dumneavoastră și nu uitați că Pămîntul nostru se rotește. Pe paralela Parisului — a 49-a — parcurgeți în fiecare 24 de ore peste 25 000 km.

Iar dacă vă plac colțișoarele pitorești, atunci dați la o parte perdeaua și admirați imaginea cerului înstelat".

Trimis în judecată pentru escrocherie, inițiatorul acestei fapte și-a ascultat verdictul de condamnare, a plătit amenda la care a fost condamnat și se spune că, luînd o atitudine teatrală, a repetat cunoscuta remarcă a lui Galilei:

— Și totuși se mișcă!

Într-un anumit sens, acuzatul avea dreptate, pentru că fiecare locuitor al globului pămîntesc nu „călătorește" numai rotindu-se în jurul axei Pămîntului, ci mai este transportat de acesta, cu o viteză și mai mare, în mișcarea lui de rotație în jurul Soarelui. În fiecare secundă, planeta noastră, cu toți locuitorii ei, se deplasează în spațiu cu 30 km, rotindu-se în același timp în jurul axei sale.

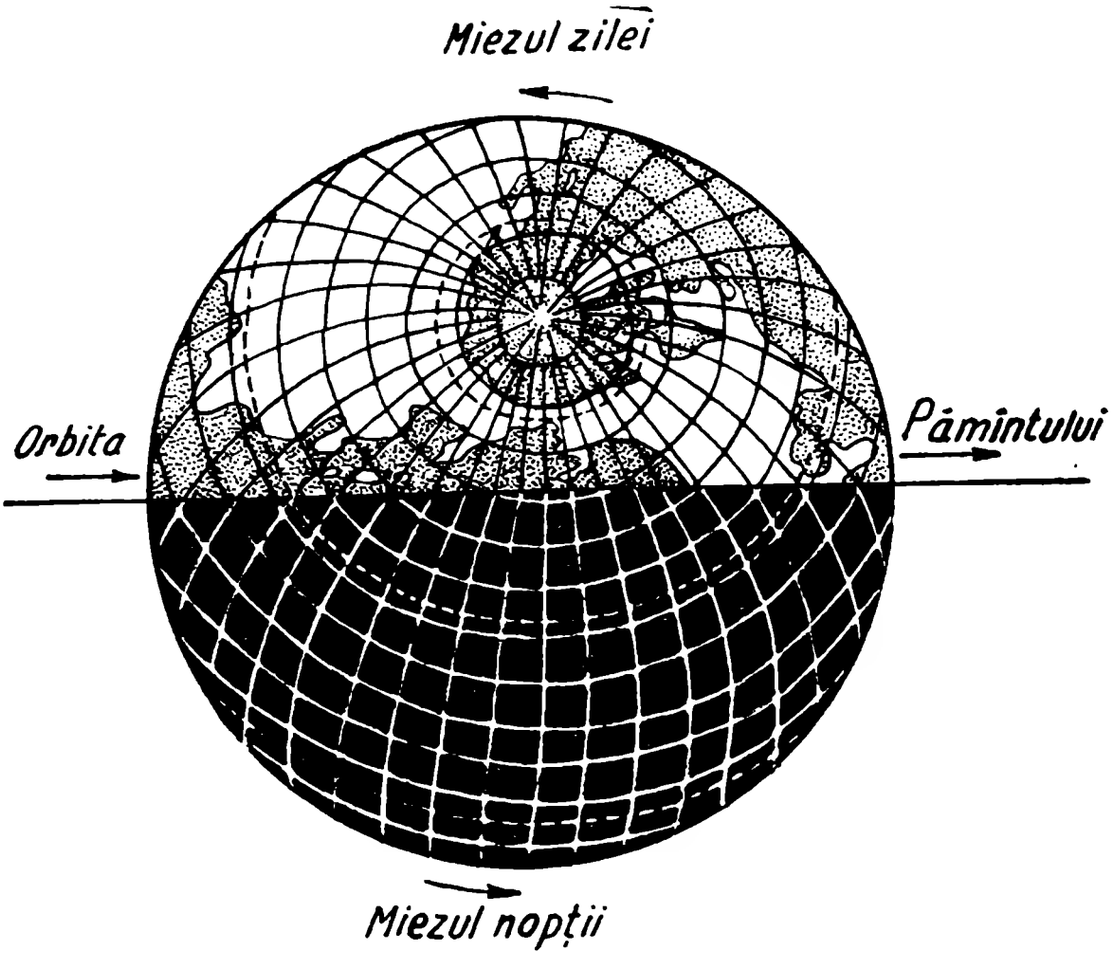


Figura 6 — În acea jumătate a globului pămîntesc unde este noapte, oamenii se deplasează în jurul Soarelui mai repede decît cei din jumătatea unde este zi.

În legătură cu aceasta se poate pune o întrebare interesantă: cînd ne mișcăm în jurul Soarelui mai repede: ziua sau noaptea?

Această întrebare poate produce nedumerire; se știe doar că, atunci cînd într-o parte a Pămîntului este zi, în cealaltă e

noapte; atunci ce rost are întrebarea noastră? Aparent nici unul.

Şi, totuşi, lucrurile stau altfel. Doar nu se pune întrebarea cînd anume întregul Pămînt se deplasează mai repede, ci cînd ne mişcăm noi, locuitorii lui, mai repede printre stele. Iar aceasta nu mai este întrebare lipsită de sens. În sistemul solar noi efectuăm două mişcări; ne rotim în jurul Soarelui şi totodată în jurul axei Pămîntului. Ambele mişcări se adună, dar se obţine un rezultat diferit în funcţie de faptul dacă ne aflăm în acea jumătate a gobului terestru unde este zi sau aceea unde este noapte. Priviţi figura 6 şi veţi înţelege că la miezul nopţii viteza de rotire se adaugă la viteza de translaţie a Pămîntului, iar la amiază, dimpotrivă, se scade din ea. Prin urmare, la miezul nopţii ne mişcăm, în sistemul solar, mai repede decît la amiază.

Deoarece punctele ecuatorului parcurg într-o secundă aproximativ o jumătate de kilometru, pentru zona ecuatorială diferenţa dintre viteza din timpul zilei şi cea din timpul nopţii atinge un kilometru pe secundă. Cei care cunosc geometria pot calcula cu uşurinţă că pentru Leningrad, care este situat pe paralela 60, această diferenţă este de două ori mai mică: la miezul nopţii, leningrădenii parcurg în sistemul solar, în fiecare secundă, cu o jumătate de kilometru mai mult decît la amiază.

„SECRETUL" ROŢII DE CĂRUŢĂ

Fixaţi în partea dinafară a jantei roţii unei căruţe, sau de anvelopa unei biciclete o bucăţică de hîrtie colorată şi urmăriţi-o în timpul deplasării căruţei (bicicletei). Veţi observa un fenomen curios: atîta timp cît hîrtia se află în partea de jos a roţii care se rostogoleşte, ea se vede destul de distinct; în partea de sus însă ea se deplasează atît de repede încît cu greu o puteţi urmări.

S-ar părea că partea de sus a roţii se mişcă mai repede decît cea de jos. Aceeaşi constatare se poate face dacă comparăm

între ele spițele de sus cu cele de jos ale roții unui vehicul oarecare aflat în mișcare. Se va observa că spițele de sus se contopesc într-un singur tot, pe cînd cele de jos se văd distinct, fiecare în parte.

Care este oare explicația acestui fenomen straniu? Ea constă pur și simplu în aceea că partea de sus a roții care

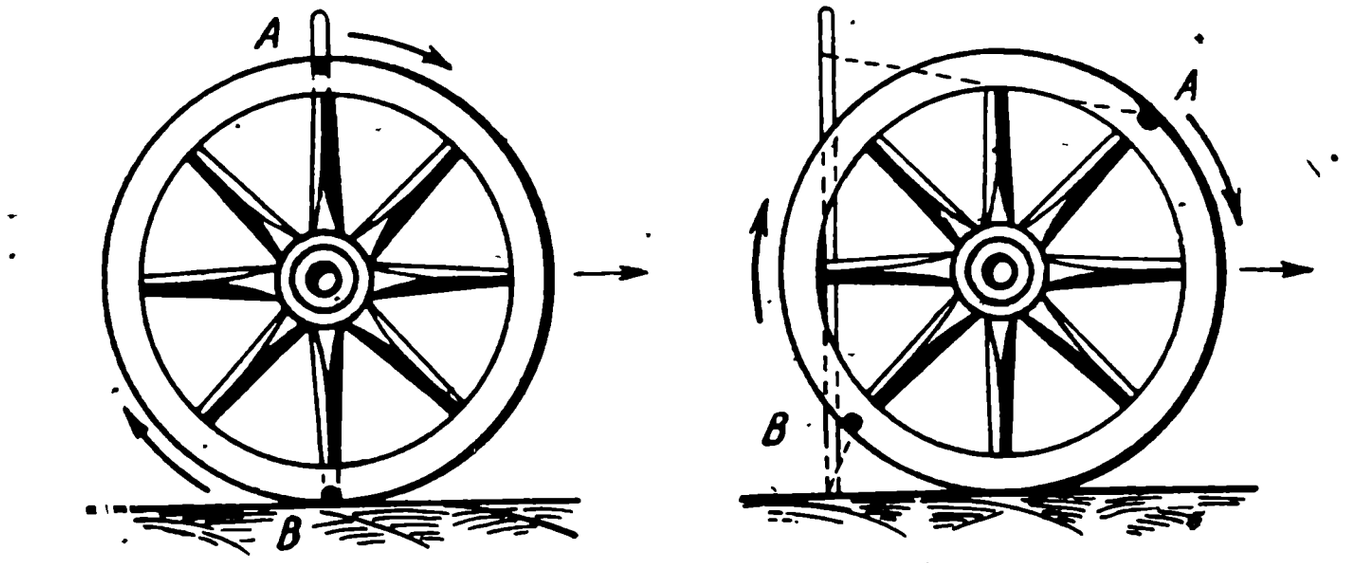


Figura 7 — Cum ne putem convinge de faptul că partea de sus a roții se mișcă mai repede decît cea de jos. Comparați distanțele parcurse de punctele *A* și *B* față de un jalon fix (desenul din dreapta).

efectuează o mișcare de rostogolire se mișcă într-adevăr mai repede decît cea de jos. La prima impresie, acest fapt pare de necrezut și, totuși, un raționament simplu ne va convinge că lucrurile stau într-adevăr așa. Fiecare punct al roții, în rostogolirea acesteia, efectuează în același timp două mișcări: de rotație în jurul axului roții și totodată de translație împreună cu acest ax. Ca și în cazul globului pămîntesc, are loc o compunere a celor două mișcări și rezultatele ce se obțin pentru partea de sus și pentru cea de jos a roții sînt diferite. În partea de sus, mișcarea de rotație a roții se adună cu cea de translație, pentru că ambele mișcări se efectuează în același sens. În partea de jos însă, mișcarea de rotație are sens invers celei de translație și, prin urmare, se scade din aceasta. Iată de ce partea de sus a roții se deplasează față de un observator imobil mai repede decît cea de jos.

Putem să ne convingem de acest adevăr efectuînd, atunci cînd avem posibilitatea, o experiență simplă.

Înfigeți în pămînt, alături de roata unei căruțe care staționează, un băț, astfel încît el să se afle în dreptul osiei.

Pe janta roții, în partea cea mai de sus și și cea mai de jos, faceți un semn cu cretă sau cu cărbune; prin urmare, semnele vor marca punctele aflate în dreptul bățului. Acum deplasați căruța puțin spre dreapta (fig. 7), astfel încît osia roții să se depărteze cu 20—30 cm de băț și apoi priviți în ce poziție se află acum semnele făcute. Veți constata că semnul făcut în partea de sus (A) s-a deplasat pe băț mult mai mult decît cel de jos (B).

PARTEA CEA MAI LENTĂ A ROȚII

Deci nu toate punctele unei roți ce se rostogolește se deplasează cu aceeași viteză. Care este oare acea parte a roții ce se mișcă cu viteza cea mai mică?

Nu este greu să ne dăm seama că mișcarea cea mai înceată o au punctele roții care la un moment dat vin în contact cu pămîntul. Strict vorbind, în momentul contactului cu pămîntul aceste puncte ale roții sînt complet imobile.

Toate cele de mai sus sînt valabile numai pentru roata care se r o s t o g o l e ș t e și nu pentru cea care se rotește în jurul unui ax imobil. De exemplu, la volant, punctele de sus și cele de jos ale jantei se mișcă cu aceeași viteză.

O PROBLEMĂ CARE NU-I O GLUMĂ

Iată încă o problemă interesantă: în trenul care merge, să zicem, de la Leningrad la Moscova există oare puncte care în raport cu terasamentul căii ferate se deplasează înapoi, de la Moscova spre Leningrad?

În fiecare moment, pe fiecare roată, există astfel de puncte. Unde se află ele?

Știți, desigur, că pe janta roților de tren există o parte proeminentă (rebordă). Și iată că se constată că punctele de

jos ale rebordei nu se deplasează înainte o dată cu mișcarea trenului, ci înapoi! Este ușor să ne convingem de acest lucru

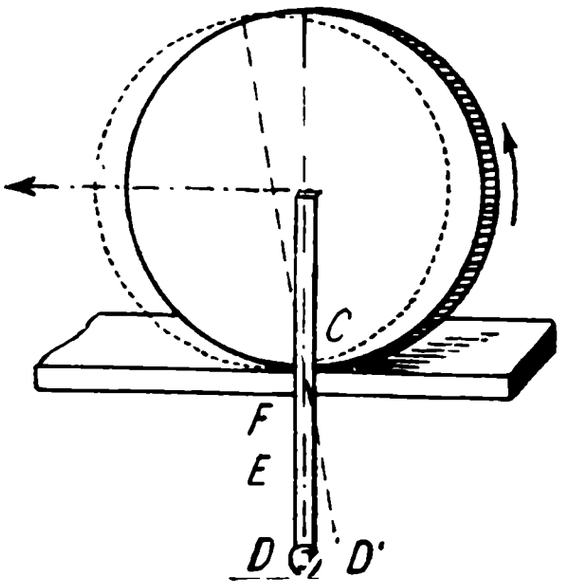


Figura 8 — Experiența cu discul și cu chibritul. Cînd roata se rostogolește spre stînga, atunci punctele *F*, *E*, *D* ale părții libere a bățului de chibrit se deplasează în sens opus.

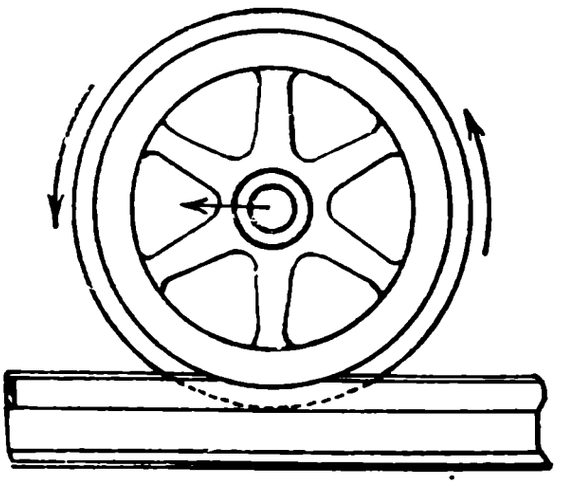


Figura 9 — Cînd roata de tren se rostogolește spre stînga atunci partea de jos a marginii ei proeminente se deplasează spre dreapta, adică în sens opus.

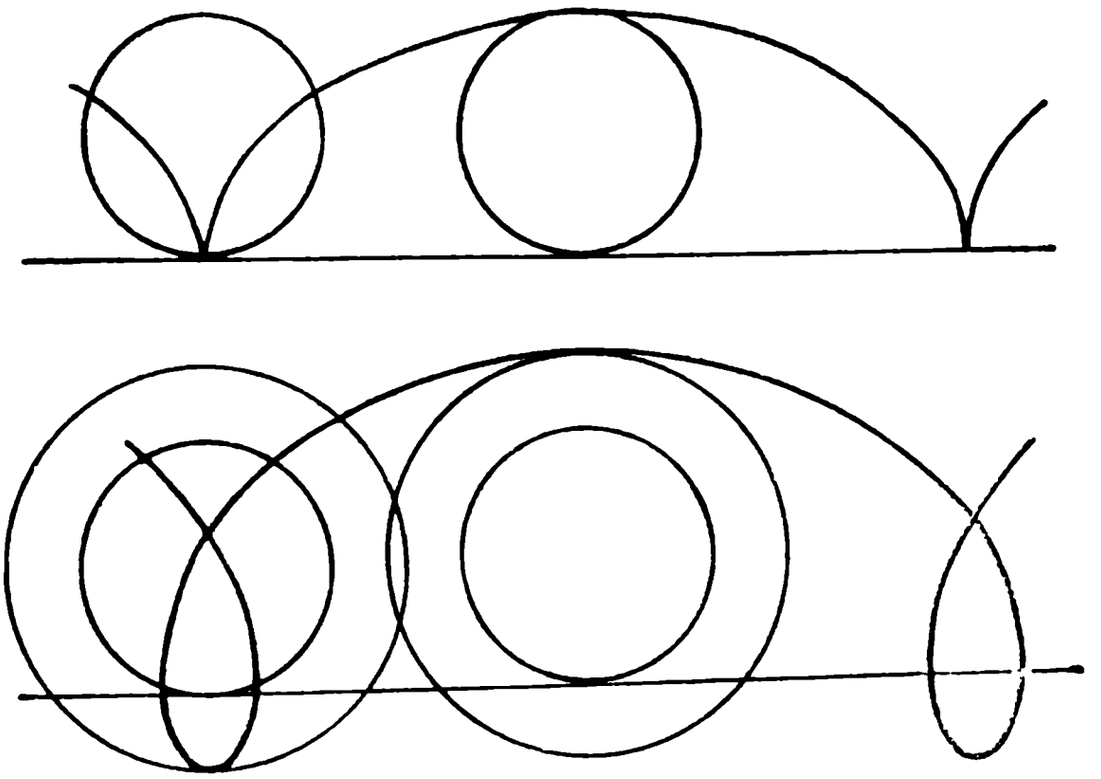


Figura 10 — Sus este reprezentată curba („cicloidă") pe care o descrie fiecare punct al jantei roții de căruță, care efectuează mișcarea de rostogolire. Jos este reprezentată curba descrisă de fiecare punct al marginii proeminente a roții de tren.

făcînd următoarea experiență. Fixați cu ceară pe un disc mic, de exemplu pe o monedă sau un nasture, un chibrit, a cărui poziție să fie astfel potrivită, încît să se suprapună peste raza discului și să-i depășească mult marginea. Dacă sprijinim

acum discul (fig. 8) de marginea unei rigle în punctul *C* și începem să-l rostogolim dinspre dreapta spre stînga, atunci punctele *F*, *E* și *D* din partea proeminentă nu se vor deplasa înainte, ci înapoi. Cu cît este mai depărtat punctul de marginea discului, cu atît mai mult se va deplasa el înapoi la rostogolirea acestuia (punctul *D* se va deplasa în punctul *D'*).

Punctele rebordei roții de tren se mișcă tot așa ca și partea chibritului care în experiența noastră depășește marginea discului.

Nu trebuie să vă mire acum faptul că există unele puncte ale trenului care nu se deplasează înainte, ci înapoi. E adevărat că această mișcare durează numai o mică fracțiune de secundă, totuși este cert că, contrar reprezentării noastre obișnuite, în mișcarea trenului există și o deplasare în sens opus. Cele spuse sînt explicate în figurile 9 și 10.

DINCOTRO VENEA BARCA?

Imaginați-vă că o barcă cu vîsle lunecă pe un lac și că săgeata *a* din figura 11 indică direcția și viteza ei de deplasare. Perpendicular pe această direcție se apropie o barcă cu pînze;

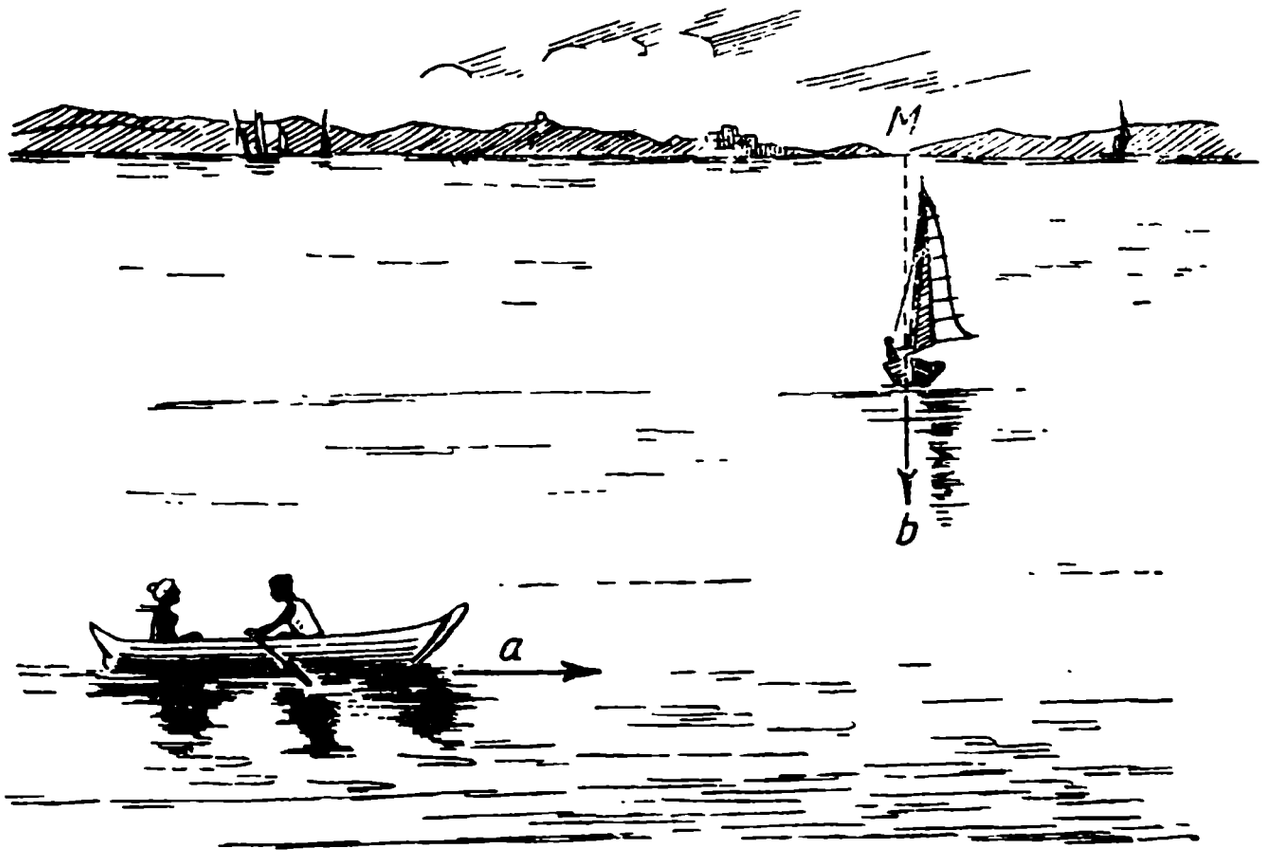


Figura 11 — Barca cu pînze are direcția perpendiculară pe cea a bărcii cu vîsle. Săgețile *a* și *b* indică vitezele. Ce vor vedea vîslașii?

săgeata *b* indică direcţia şi viteza ei de deplasare. Dacă dumneavoastră, cititorul, veţi fi întrebat din ce loc a pornit această barcă, sînt sigur că veţi răspunde: din punctul *M* de pe mal. Dar dacă vor fi întrebaţi şi pasagerii din barca cu vîsle, ei vor indica un alt punct. De ce oare?

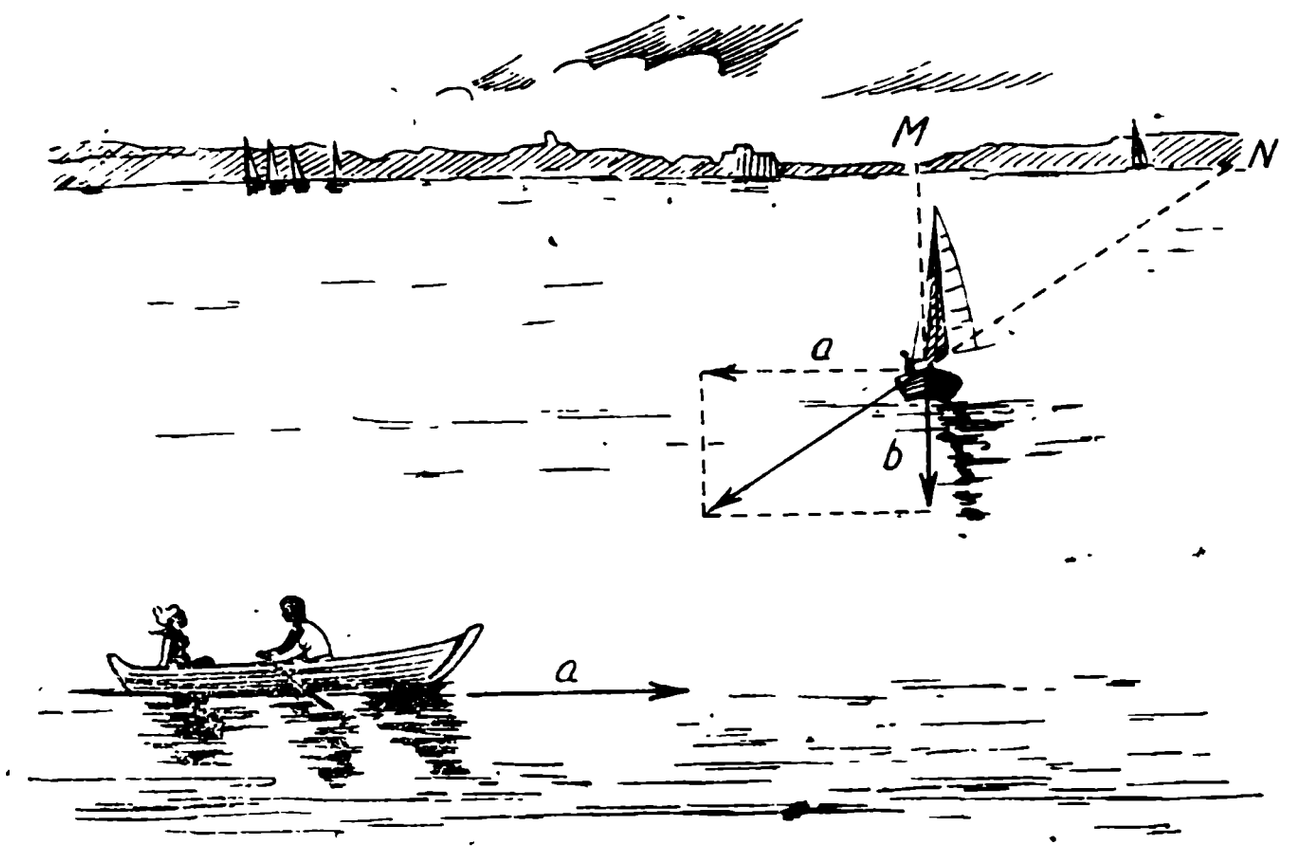


Figura 12 — Vîslaşilor li se pare că barca cu pînze nu se deplasează pe o direcţie perpendiculară, ci pe una oblică faţă de cea a bărcii lor.

Pasagerii din barca cu vîsle nu văd barca deplasîndu-se perpendicular pe direcţia lor de deplasare. Ei nu simt propria lor mişcare, ci li se pare că stau pe loc, iar obiectele din mediul înconjurător se mişcă cu viteza lor proprie, dar în sens opus. De aceea, p e n t r u e i barca cu pînze nu se deplasează numai în direcţia săgeţii *b*, dar şi în direcţia liniei punctate *a*, în sensul opus mişcării bărcii cu vîsle (fig. 12). Ambele mişcări ale bărcii cu pînze — cea reală şi cea aparentă — se adună după regula paralelogramului. Ca rezultat, pasagerii bărcii cu vîsle au impresia că barca cu pînze se deplasează de-a lungul diagonalei paralelogramului care are laturile *b* şi *a*. Iată de ce lor li se pare că barca cu pînze nu a pornit din punctul *M* de pe mal, ci dintr-un oarecare punct *N* mai depărtat (fig. 12).

Mişcîndu-ne o dată cu Pămîntul pe orbita lui şi recepţionînd lumina stelelor, ne facem o impresie tot atît de eronată

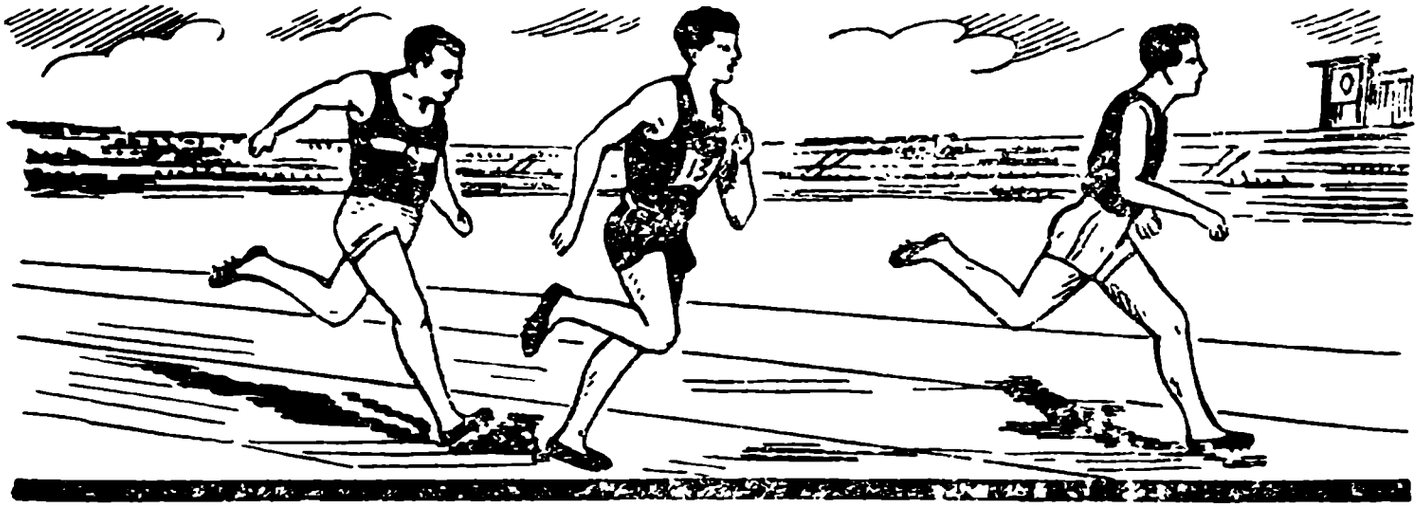
despre poziția exactă a acestora ca și pasagerii bărcii cu vîsle cu privire la locul de plecare a bărcii cu pînze. De aceea stelele ne apar întrucîtva deplasate înainte în sensul de deplasare a Pămîntului. Desigur că viteza de deplasare a Pămîntului este neînsemnată în comparație cu viteza luminii (de 10 000 de ori mai mică); de aceea deplasarea aparentă a stelelor este mai mică. Dar ea poate fi pusă în valoare cu ajutorul aparatelor astronomice. Acest fenomen poartă denumirea de *aberația luminii.*

Dacă astfel de probleme v-au trezit interesul, atunci, fără a modifica condițiile problemei noastre cu barca, încercați să indicați:

1 — în ce direcție se deplasează barca cu vîsle după părerea pasagerilor bărcii cu pînze?

2 — încotro se îndreaptă barca cu vîsle după părerea pasagerilor celei cu pînze?

Pentru a răspunde la aceste probleme trebuie să construiți pe linia *a* (fig. 12) paralelogramul vitezelor; diagonala lui va arăta că pasagerii bărcii cu pînze au impresia că barca cu vîsle se deplasează oblic, intenționînd parcă să acosteze.



Capitolul 2

GRAVITAȚIA ȘI GREUTATEA. PÎRGHIA. PRESIUNEA

RIDICAȚI-VĂ!

Dacă vă voi spune: ,,Așezați-vă acum pe scaun astfel ca să nu vă mai puteți ridica", veți crede că glumesc.

Bine. Așezați-vă atunci așa cum stă băiatul din figura 13, adică ținîndu-vă corpul în poziție verticală și fără să țineți picioarele sub scaun. Iar acum încercați să vă ridicați fără a schimba poziția picioarelor și fără a vă apleca corpul înainte.

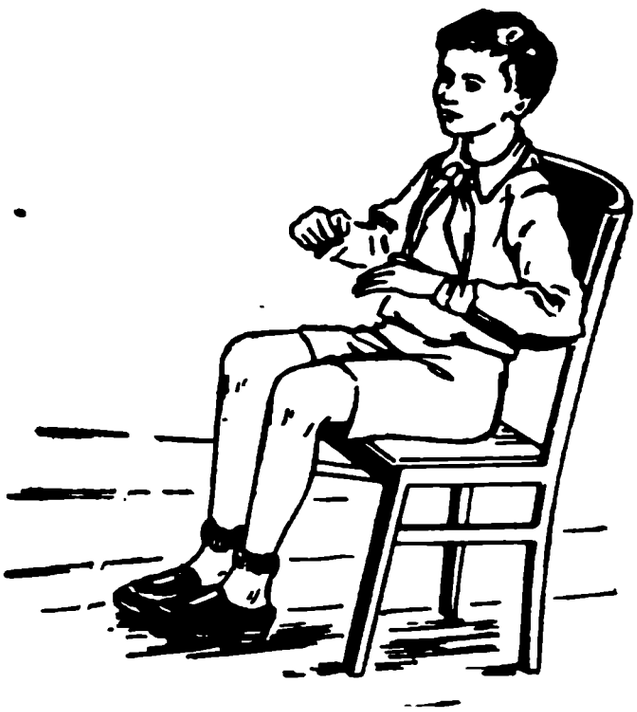


Figura 13 — În această poziție este imposibil să te ridici de pe scaun.

Vedeți că nu reușiți? Nici un efort al mușchilor nu vă poate ridica de pe scaun dacă nu deplasați picioarele sub scaun sau dacă nu aplecați corpul înainte.

Pentru a înțelege de ce se întîmplă așa, va trebui să discutăm puțin despre echilibrul corpurilor, în general, și a corpului omenesc în particular. Un obiect așezat în poziție verticală nu se răstoarnă atît timp cît perpendiculara dusă din centrul lui de greutate

cade în interiorul suprafeței care formează baza obiectului. De aceea cilindrul înclinat (fig. 14) trebuie neapărat să cadă; dar dacă el este suficient de gros pentru ca perpendiculara coborîtă din centrul de greutate să cadă în interiorul bazei sale, atunci cilindrul nu se răstoarnă.

Așa-numitele „turnuri înclinate“ din Pisa, Bologna sau chiar „clopotnița înclinată“ din Arhanghelsk (fig. 15) nu cad, cu toate că nu au o poziție verticală,

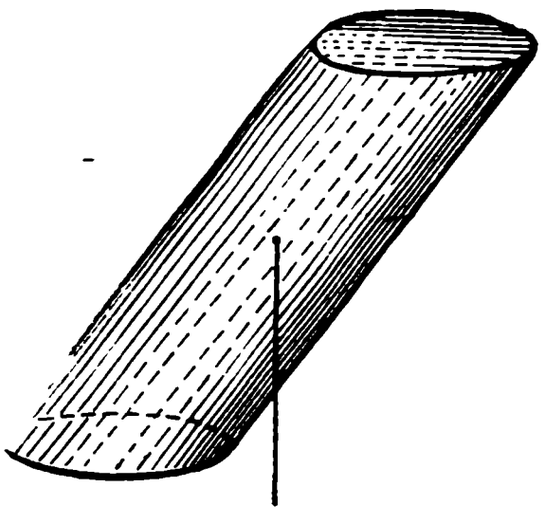


Figura 14—Un astfel de cilindru trebuie să se răstoarne pentru că perpendiculara coborîtă din centrul de greutate cade în afara bazei cilindrului.

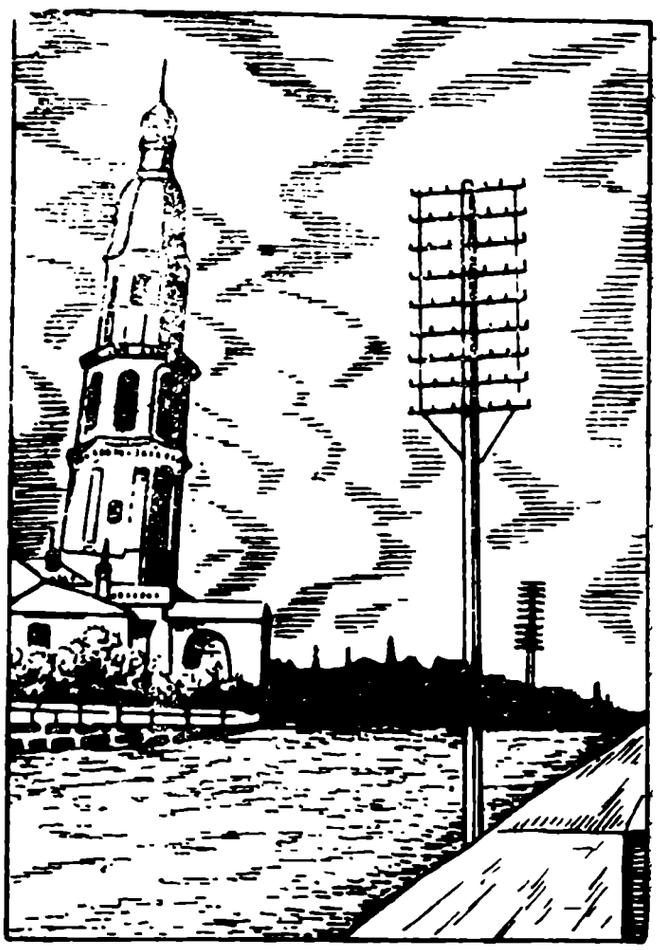


Figura 15 — Clopotnița înclinată din Arhanghelsk (reproducere după o fotografie veche).

deoarece perpendiculara coborîtă din centrul lor de greutate nu cade în afara suprafeței bazei. O a doua cauză, de altfel secundară, constă în faptul că fundația lor este construită adînc în pămînt.

Un om care stă în picioare nu cade atît timp cît perpendiculara coborîtă din centrul de greutate cade în interiorul suprafeței cuprinse de marginile tălpilor picioarelor lui (fig. 16). De aceea este atît de greu de stat într-un picior și este și mai greu de stat pe o frînghie: baza este foarte mică și verticala poate cădea cu ușurință în afara limitelor ei. Ați observat ce mers legănat au bătrînii „lupi de mare“? Petrecîndu-și întreaga viață pe vasul în continuă legănare,

unde verticala coborîtă din centrul lor de greutate poate cădea oricînd cu uşurinţă în afara suprafeţei delimitate de tălpi, marinarii se deprind să calce astfel încît baza corpului lor, adică picioarele mult depărtate, să cuprindă o suprafaţă cît mai mare. Astfel, marinarii realizează o stabilitate mai mare pe puntea navei; este firesc ca acest obicei îndelungat să se păstreze şi aunci cînd ei păşesc pe uscat. Se poate da şi un exemplu contrar, cînd necesitatea de a-şi menţine echilibrul condiţionează frumuseţea poziţiei. Aţi observat vreodată cîtă eleganţă în mişcare are omul care duce pe cap o povară? Sînt cunoscute de toată lumea graţioasele statuete care reprezintă siluete feminine cu urciorul pe cap. Cînd avem o greutate pe cap, atunci sîntem nevoiţi să ţinem drept atît capul cît şi corpul; orice deviere de la această poziţie duce la riscul de a scoate centrul de greutate, în astfel de cazuri situat ceva mai sus decît de obicei, dincolo de limitele suprafeţei de bază şi atunci echilibrul se va strica.

Figura 16 — Cînd omul stă în picioare, atunci verticala dusă din centrul de greutate cade în interiorul suprafeţei delimitate de tălpile lui.

Să ne întoarcem la experienţa cu băiatul care vrea să se ridice de pe scaun. Centrul de greutate al celui aşezat pe scaun se află în interiorul corpului în apropiere de şira spinării, cu aproximativ 20 de centimetri mai sus de nivelul ombilicului. Coborîţi din acest punct o verticală: ea va trece pe sub scaun în spatele tălpilor. Pentru ca băiatul să poată sta în picioare, această linie trebuie să cadă între tălpi.

Deci, ridicîndu-ne, trebuie ori să ne aplecăm, deplasînd astfel centrul de greutate, ori, să deplasăm picioarele sub scaun pentru a crea o suprafaţă de sprijin sub centrul de greutate. În mod obişnuit aşa şi facem cînd ne ridicăm de pe scaun. Dar dacă nu ni se permite nici una, nici alta, atunci, după cum am constatat din experienţa făcută, nu ne putem ridica.

Ceea ce faceţi de zeci de mii de ori în decursul întregii vieţi trebuie să vă fie perfect cunoscut. Aşa obişnuim să credem, dar nu chiar totdeauna lucrurile stau astfel. Exemplul cel mai bun îl constituie mersul şi fuga. Există oare ceva ce cunoaştem mai bine decît aceste mişcări? Dar sînt oare mulţi oameni care să-şi imagineze clar modul de deplasare a corpului atunci cînd mergem şi alergăm şi prin ce se deosebesc aceste două feluri de mişcare? Să vedem ce spune despre mers şi fugă fiziologia[1]. Sînt convins că pentru majoritatea oamenilor această descriere va fi total nouă.

Să presupunem că omul stă într-un picior, de exemplu în cel drept. Să ne închipuim că el ridică puţin călcîiul înclinîndu-şi în acelaşi timp corpul în faţă[2]. În această poziţie este firesc ca perpendiculara coborîtă din centrul de greutate să cadă în afara suprafeţei bazei de sprijin şi omul ar trebui să cadă.

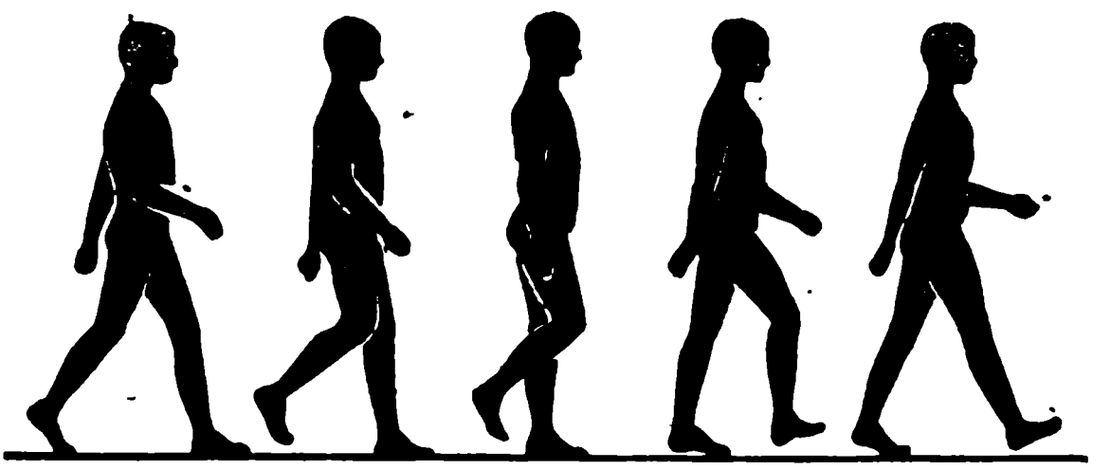


Figura 17 — Cum mérge omul. Poziţiile succesive ale corpului în timpul mersului.

Dar îndată ce începe această cădere, piciorul stîng, care rămăsese suspendat în aer, se deplasează repede în faţă şi calcă pe pămînt în faţa perpendicularei coborîte din centrul

---

1 Textul fragmentului este luat din *Lecţii de zoologie* de Paul Berat; ilustraţiile aparţin autorului.

2 Mergînd şi desprinzîndu-se de baza de sprijin, omul apasă asupra ei cu o greutate suplimentară faţă de greutatea lui (circa 20 kg). De aici rezultă că omul care merge apasă mai mult asupra pămîntului decît cel care stă.

de greutate, astfel încît aceasta (perpendiculara) să cadă în interiorul suprafeței formate de liniile ce unesc punctele de sprijin ale ambelor picioare. Astfel echilibrul se restabilește; omul a mers, a făcut un pas.

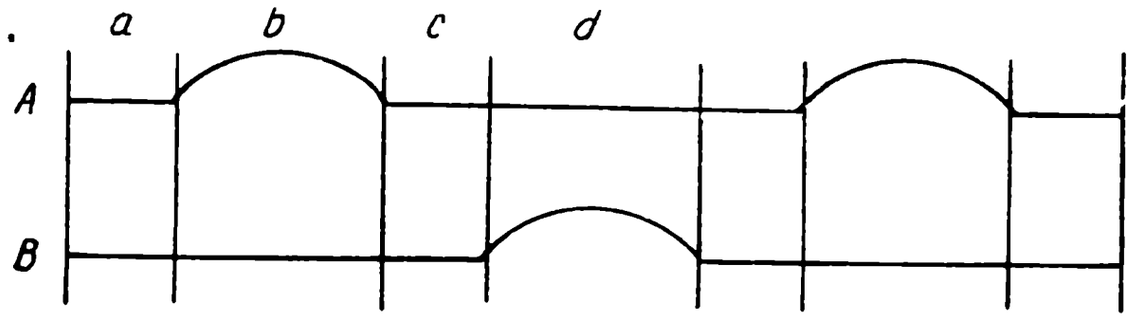


Figura 18 — Reprezentarea grafică a deplasării picioarelor în timpul mersului. Linia de sus (*A*) reprezintă mișcarea unui picior, iar cea de jos (*B*) a celuilalt. Liniile drepte corespund momentelor de sprijin pe pămînt, iar curbele — momentelor cînd piciorul execută mișcarea fără sprijin. Din grafic se vede că în intervalul de timp *a* ambele picioare se sprijină pe pămînt, în intervalul *b* piciorul *A* este desprins de pămînt, iar B continuă să se sprijine! În timpul *c* ambele picioare se sprijină din nou. Cu cît mersul devine mai rapid, cu atît mai mult se scurtează intervalele *a* și *c* (comparați cu graficul fugii, fig. 20).

El se și poate orpi în această poziție destul de obositoare. Dar dacă vrea să pornească mai departe, atunci trebuie să-și plece și mai mult corpul înainte, deplasînd perpendiculara din centrul său de greutate dincolo de limitele suprafeței de sprijin, și, în momentul cînd este amenințat să cadă, își deplasează din nou în față piciorul, dar nu stîngul, ci dreptul, efectuînd încă un pas ș.a.m.d. De aceea mersul nu este altceva decît un șir de căderi înainte, preîntîmpinate prin sprijinirea la timp pe pămînt a piciorului care rămîne în urmă.

Figura 19 — Cum aleargă omul. Pozițiile succesive ale corpului în timpul fugii (în unele momente ambele picioare rămîn fără sprijin).

Să examinăm acum lucrurile mai îndeaproape. Presupunem că primul pas a fost făcut. În acest moment, piciorul drept mai atinge pămîntul, iar stîngul a venit de acum în contact cu el. Dar dacă pasul nu este prea mic, atunci căl-

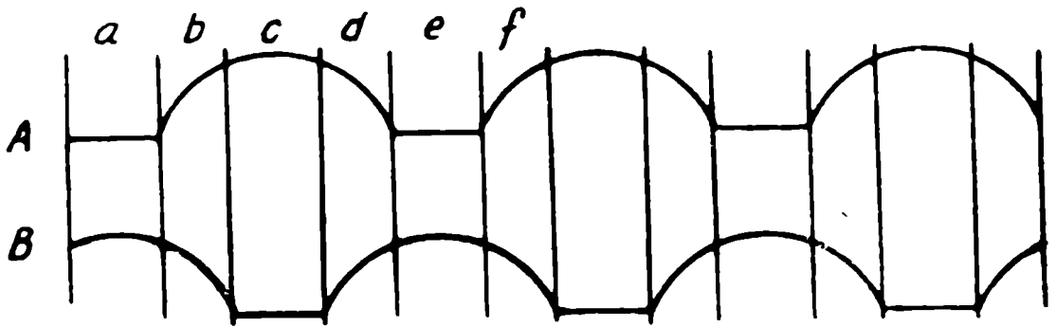


Figura 20 — Reprezentarea grafică a mișcării picioarelor în timpul fugii (comparați cu fig. 18). Din grafic se vede că pentru omul care aleargă există momente (*b*, *d*, *f*) cînd ambele picioare sînt suspendate în aer. Tocmai prin aceasta se deosebesc între ele fuga și mersul.

cîiul drept trebuie să se ridice, pentru că tocmai această ridicare a călcîiului permite înclinarea înainte a corpului și ieșirea din echilibru. Piciorul stîng calcă pe pămînt, în primul rînd, cu călcîiul. Cînd apoi întreaga talpă se sprijină pe pămînt, atunci piciorul drept se ridică mult. În același timp, piciorul stîng, cu genunchiul puțin îndoit, se îndreaptă în urma contractării tricepsului femural și ia momentan o poziție verticală. Aceasta permite piciorului drept, pe jumătate îndoit, să se deplaseze înainte fără a atinge pămîntul și, urmînd mișcarea trunchiului, să-și așeze pe pămînt călcîiul la timp, pentru a putea executa pasul următor.

Apoi un șir identic de mișcări începe pentru piciorul stîng, care în timpul acesta este sprijinit pe pămînt numai cu degetele și trebuie să se ridice curînd în aer.

Fuga se deosebește de mers prin aceea că piciorul care se sprijină pe pămînt este energic întins prin contractarea mușchilor și împinge corpul înainte, astfel încît acesta din urmă se desprinde cu totul pentru o clipă de pămînt. Apoi el cade iar pe pămînt cu piciorul celălalt, care s-a deplasat repede în clipa cînd corpul era suspendat în aer. Astfel, fuga este alcătuită dintr-un șir de salturi de pe un picior pe altul.

În ceea ce privește energia consumată de om atunci cînd merge pe un drum orizontal, ea nu este egală cu zero, după

cum își închipuie unii: la fiecare pas, centrul de greutate al corpului pietonului se ridică cu cîțiva centimetri. Se poate calcula că lucrul mecanic efectuat în timpul mersului pe un drum orizontal constituie cam a cincisprezecea parte din lucrul mecanic efectuat pentru ridicarea corpului pietonului la o înălțime egală cu drumul parcurs.

CUM TREBUIE SĂ SĂRIM DINTR-UN VAGON AFLAT ÎN MIȘCARE?

Dacă puneți cuiva această întrebare, vi se va răspunde desigur: „Înainte, în sensul deplasării, conform legii inerției". Dacă veți cere să vi se explice mai amănunțit ce amestec are aici legea inerției, putem prevedea că interlocutorul dumneavoastră va începe să-și demonstreze cu multă siguranță teoria; el se va opri însă în curînd nedumerit: concluzia ar fi că, tocmai datorită legii inerției, ar trebui să sărim în sens opus sensului mișcării!

Într-adevăr, aici legea inerției are un rol secundar; cauza principală este cu totul alta. Și dacă neglijăm această cauză principală, atunci ajungem cu adevărat la concluzia eronată că saltul trebuie făcut înapoi și nicidecum înainte.

Să presupunem că trebuie să sărim dintr-un vehicul în timpul mișcării acestuia. Ce se întîmplă în acest caz?

Cînd sărim dintr-un vagon aflat în mișcare, atunci corpul nostru, desprinzîndu-se de vagon, are viteza acestuia (el se mișcă datorită inerției) și tinde să se deplaseze înainte. Făcînd un salt înainte, nu numai că nu anulăm această viteză, ci, dimpotrivă, o sporim. De aici rezultă că ar trebui să sărim î n a p o i și nu înainte, în sensul deplasării vagonului. Se știe doar că în cazul saltului înapoi, viteza dezvoltată de salt se s c a d e din cea cu care corpul nostru se mișcă datorită inerției; de aceea, atingînd pămîntul, corpul nostru va tinde să se răstoarne cu o forță mai mică.

Și, totuși, atunci cînd este vorba să sari dintr-un vehicul în mișcare, toți sar înainte, în sensul mișcării vehiculului

respectiv. Acesta este într-adevăr mijlocul cel mai bun și într-atît de verificat, încît noi îi rugăm cu insistență pe cititori să nu încerce să experimenteze incomoditatea saltului înapoi la coborîre din mers dintr-un vehicul.

Dar cum se explică, totuși, această situație?

Inconsistența explicației constă tocmai în simplificarea incorectă a problemei. Fie că sărim înainte, fie că sărim înapoi, în ambele cazuri sîntem amenințați de pericolul de a cădea, pentru că partea superioară a corpului nostru continuă încă să se miște atunci cînd picioarele s-au oprit. La saltul înainte, viteza acestei mișcări este chiar mai mare decît la cel înapoi. Deosebit de important este însă faptul că o cădere în față este mai puțin periculoasă decît cea pe spate. În primul caz, cu un gest obișnuit, plasăm piciorul în față (iar dacă viteza vagonului este mare, atunci fugim cîțiva pași) și astfel preîntîmpinăm căderea. Această mișcare este o b i ș n u i t ă, deoarece o efectuăm întreaga viață în timpul mersului: am aflat doar în paragraful precedent că, din punctul de vedere al mecanicii, mersul nu este altceva decît u n ș i r d e c ă d e r i î n f a ț ă, p r e î n t î m p i n a t e p r i n d e p l a s a r e a î n a i n t e a p i c i o r u l u i. La căderea pe spate însă nu dispunem de această mișcare salvatoare a picioarelor și de aceea în acest caz pericolul este mult mai mare. În sfîrșit, este important și faptul că, dacă vom cădea înainte, atunci vom avea posibilitatea de a ne sprijini în mîini, riscînd astfel să ne lovim mai puțin decît în cazul căderii pe spate.

Astfel, secretul necesității de a sări înainte, în direcția mișcării, dintr-un vehicul constă mai mult în obișnuința noastră decît în legea inerției. Este de la sine înțeles faptul că pentru obiectele n e î n s u f l e ț i t e această regulă nu este aplicabilă: o sticlă aruncată din vagon înainte, se poate sparge la cădere mai repede decît cea aruncată în sensul opus mișcării vagonului. De aceea, dacă veți fi vreodată nevoiți să săriți din vagon, aruncîndu-vă totodată din el bagajul, atunci bagajul trebuie aruncat î n a p o i, iar dv. să săriți î n a i n t e.

Oamenii cu experiență — conducătorii de tramvaie, controlorii — procedează adesea astfel: sar î n a p o i, a r a n j î n d u - s e c u s p a t e l e s p r e s e n s u l s a l t u -

lui. Astfel ei realizează un dublu avantaj: reduc viteza pe care a căpătat-o corpul prin inerție și, în afară de aceasta, preîntîmpină pericolul căderii pe spate, pentru că în saltul lor au partea din față a corpului îndreptată în direcția posibilă a căderii.

SĂ PRINDEM CU MÎNA UN PROIECTIL DE LUPTĂ

După cum anunțau ziarele, în timpul războiului s-a întîmplat un caz cu totul neobișnuit cu un aviator francez. Zburînd la o înălțime de 2 km, el a observat că în apropiere de fața sa se mișcă un obiect mic. Crezînd că este o insectă, aviatorul a prins obiectul cu mîna. Imaginați-vă uimirea aviatorului cînd a constatat că a prins un glonț de luptă german!

Nu-i așa că această poveste ne amintește de minciunile baronului Münchhausen, care prindea, zice-se, cu mîinile obuzele de tun?

Și totuși, în povestea despre aviatorul care a prins cu mîna un glonț nu e nimic imposibil.

Mai întîi glonțul nu se mișcă tot timpul cu viteza sa inițială de 800—900 m pe secundă. Din cauza rezistenței aerului, el își încetinește mereu zborul și spre sfîrșitul traseului său nu are decît 40 m/s. O astfel de viteză o are și avionul. Prin urmare, nu este greu ca glonțul și avionul să aibă aceeași viteză; atunci, în raport cu aviatorul, glonțul va fi imobil sau se va mișca foarte încet. Nu va constitui deci nici o greutate să-l apuce cu mîna, mai ales dacă aceasta este înmănușată, pentru a nu simți fierbințeala lui, căci se încălzește puternic în timpul zborului prin aer.

UN PEPENE-OBUZ

Dacă în anumite ocazii un glonț poate fi făcut inofensiv, atunci este posibil și cazul contrar: un „corp inofensiv", lansat cu o viteză nu prea mare, poate avea o acțiune distructivă

destul de mare. În timpul unei curse automobilistice Leningrad — Tbilisi (în 1924), țăranii unor sate caucaziene salutau automobilele, aruncînd pasagerilor acestora pepeni verzi și galbeni, mere. Însă efectul acestor daruri nevinovate nu

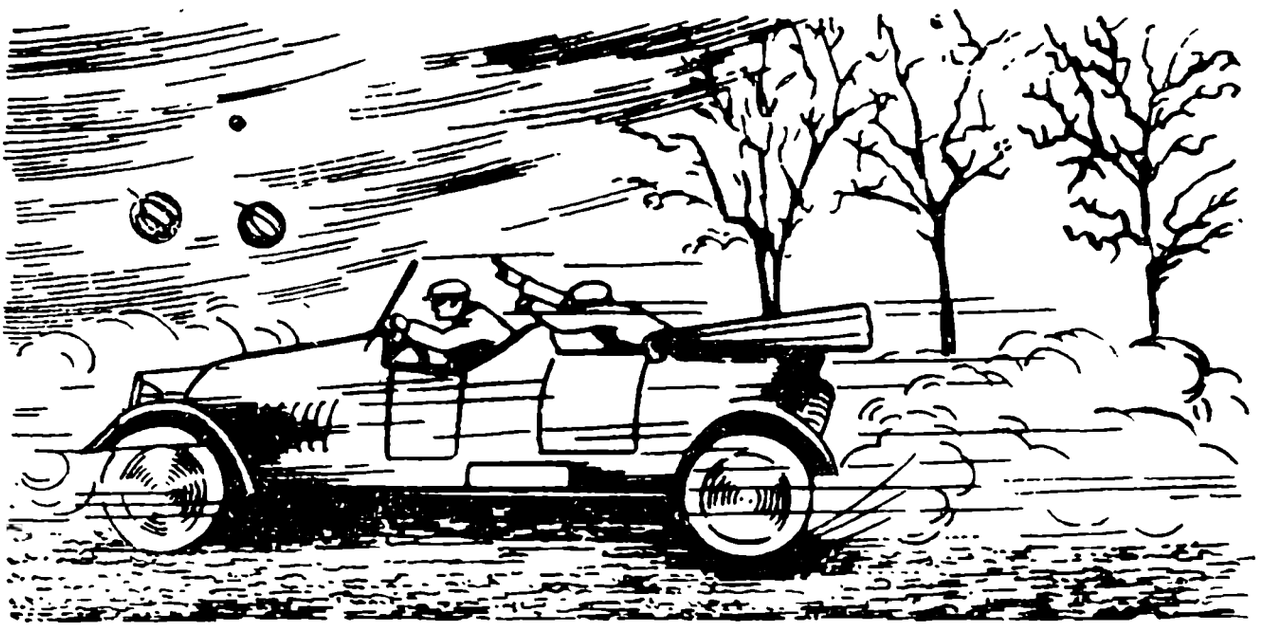


Figura 21 — Un pepene aruncat înaintea unui automobil în mișcare se transformă într-un „proiectil".

era de loc plăcut: pepenii deteriorau capota automobilelor, iar merele pricinuiau pasagerilor accidente destul de grave. Cauza este evidentă: viteza proprie a automobilului se aduna la viteza pepenelui sau a mărului aruncat, transformînd aceste fructe „pașnice" în niște proiectile distrugătoare. Nu este greu de calculat că un glonț cu o greutate de 10 g are aceeași energie de mișcare ca și un pepene de 4 kg aruncat într-un automobil care gonește cu 120 km/oră.

În aceste condiții însă puterea de străpungere a pepenelui nu se poate compara cu cea a glonțului, pentru că pepenele nu are rigiditatea acestuia din urmă.

În avioanele care ar zbura cu viteze de aproximativ 3 000 km/oră, adică cu viteza glonțului, aviatorii ar avea de-a face cu fenomene asemănătoare celui menționat mai sus. Fiecare obiect întîlnit în cale de un asemenea avion ultrarapid ar fi pentru el un proiectil distrugător. Dacă un astfel de avion ar întîlni în calea sa un pumn de gloanțe, căzute pur și simplu dintr-un alt avion, aceasta ar fi echivalent cu un adevărat atac cu mitraliera: gloanțele s-ar lovi de avion cu aceeași forță cu care s-ar lovi de el proiectilele unei mitra-

liere. Deoarece în ambele cazuri vitezele relative sînt egale (avionul și gloanțele se apropie unul de altul cu o viteză de aproximativ 800 m pe secundă), și urmările celor două ciocniri ar fi aceleași.

Dimpotrivă, dacă glonțul este lansat în urma unui avion care zboară cu aceeași viteză, atunci, după cum am văzut în paragraful precedent, el este inofensiv pentru aviator. Faptul că obiectele care se deplasează în aceeași direcție cu o viteză aproximativ egală se ating aproape fără a se produce un șoc a fost folosit cu iscusință de mecanicul de locomotivă Borșcev, care a provocat ciocnirea fără șoc dintre trenul său și o garnitură de alte 36 de vagoane aflate în mișcare pentru a preîntîmpina o catastrofă feroviară. Acest lucru s-a întîmplat pe calea ferată între stațiile Elnikov și Olșanka în următoarele împrejurări. În fața trenului condus de mecanicul Borșcev mergea un alt tren. Din cauza presiunii insuficiente a aburului, trenul din față s-a oprit; mecanicul lui a continuat drumul cu locomotiva însoțită de cîteva vagoane, lăsînd pe linie 36 de vagoane. Vagoanele au început să alunece înapoi pe pantă cu o viteză de 15 km pe oră, amenințînd astfel trenul lui Borșcev. Dîndu-și seama de acest pericol, istețul mecanic și-a oprit trenul și apoi a pornit înapoi, dezvoltînd treptat tot o viteză de circa 15 km/oră. Datorită acestei manevre, el a reușit să se ciocnească, fără a suferi nici o deteriorare, cu garnitura formată din 36 de vagoane.

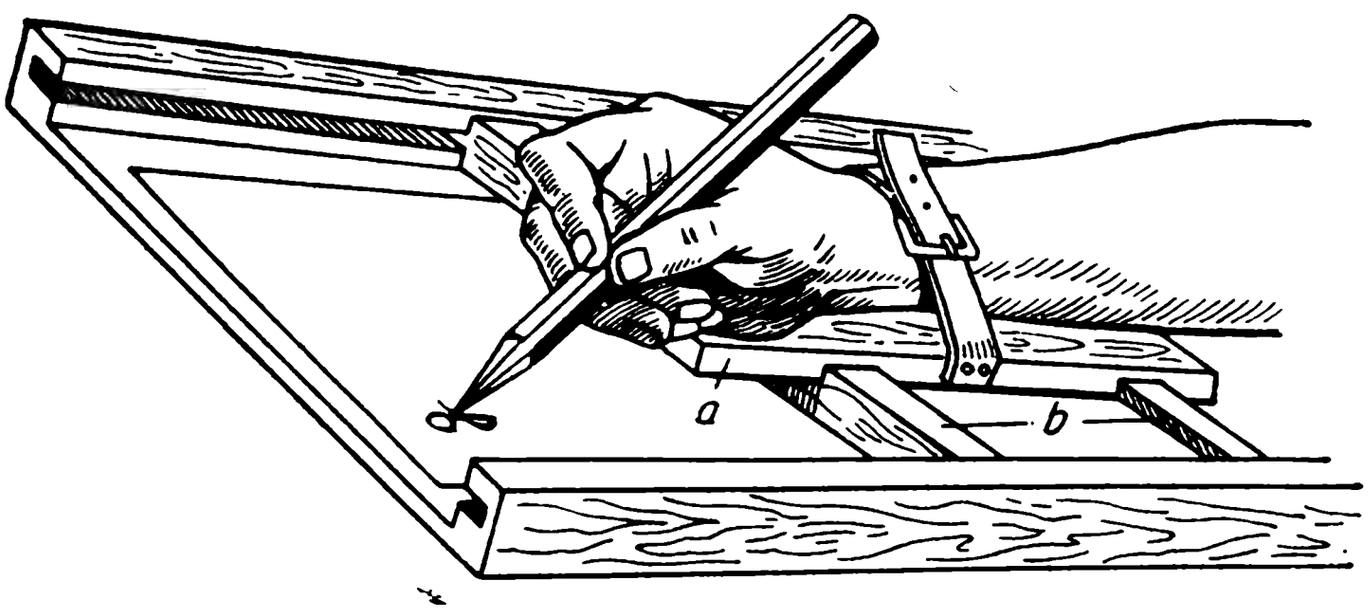


Figura 22 — Un dispozitiv care permite să se scrie cu ușurință în timpul mersului trenului.

În sfîrșit, pe același principiu se bazează dispozitivul care ușurează foarte mult scrisul într-un tren aflat în mișcare. În tren scrisul este îngreuiat doar pentru că șocurile resimțite la locurile de joncțiune a șinelor de cale ferată nu sînt transmise simultan atît hîrtiei, cît și vîrfului peniței. Dacă însă aranjăm lucrurile astfel încît șocul să fie transmis în același timp hîrtiei și peniței, atunci ele vor fi una față de cealaltă în repaus și astfel scrisul în timpul mersului trenului nu va mai prezenta nici o problemă.

Acest lucru se realizează cu ajutorul dispozitivului reprezentat în figura 22. Mîna cu tocul este fixată cu ajutorul unei curele de scîndurica *a*, care se poate deplasa de-a lungul canelurilor din stinghia *b*. Aceasta, la rîndul ei, se poate deplasa de-a lungul canelurilor planșetei care se sprijină de măsuța din vagon. După cum vedem, mîna este destul de mobilă pentru a putea scrie literă după literă, rînd după rînd; totodată, fiecare șoc primit de hîrtia de pe planșetă este transmis simultan, cu aceeași forță, mîinii care ține tocul. În aceste condiții, scrisul în timpul mersului trenului devine tot atît de comod ca și într-un vagon imobil; deranjează doar faptul că privirea noastră nu lunecă lin pe hîrtie de-a lungúl rîndurilor scrise, deoarece șocul nu este transmis capului în același timp cu mîna.

PE PLATFORMA BALANȚEI

Balanța zecimală va indica greutatea exactă a corpului numai dacă stați nemișcat pe platforma ei. În momentul cînd vă aplecați, balanța indică o greutate mai mică. De ce? Pentru că mușchii care apleacă partea superioară a corpului, trag în același timp în sus partea inferioară a acestuia, reducînd presiunea exercitată pe suprafața de sprijin. Dimpotrivă, în momentul cînd reveniți la poziția verticală, prin efortul mușchilor respectivi, cîntarul indică o greutate crescută, corespunzător presiunii mai mari, exercitate pe platformă de partea inferioară a corpului.

Chiar și o simplă ridicare a mîinii trebuie să provoace oscilarea unui cîntar sensibil, oscilare care corespunde unei mici creșteri a greutății aparente a corpului nostru. Mușchii care ridică în sus mîna se sprijină de umăr și, prin urmare, îl împing împreună cu corpul în jos: presiunea pe platformă crește. Oprind ridicarea mîinii, punem în funcție mușchii opuși, care împing umărul în sus, căutînd să-l apropie de extremitatea mîinii; în consecință, greutatea corpului, deci presiunea exercitată de el pe suprafața de sprijin, scade.

Dimpotrivă, coborînd brațul în timpul efectuării acestei mișcări, provocăm o reducere a greutății corpului nostru, iar în momentul opririi mîinii o sporire a greutății. Prin urmare, prin acțiunea forțelor noastre interioare putem spori sau reduce greutatea corpului nostru, subînțelegînd aici prin greutatea presiunea exercitată de acesta pe suprafața de sprijin.

UNDE SÎNT MAI GRELE CORPURILE?

Forța cu care sînt atrase corpurile de globul pămîntesc scade o dată cu creșterea înălțimii de la suprafața Pămîntului. Dacă am ridica o greutate de un kilogram la o înălțime de 6 400 km, adică dacă am îndepărta-o de centrul Pămîntului cu aproximativ de două ori raza acestuia, atunci forța de atracție ar fi slăbită de 2,2 ori, adică de patru ori, iar greutatea ar cîntări doar 250 g în loc de 1 000. Conform legii gravitației, Pămîntul exercită asupra corpurilor exterioare o astfel de forță de atracție ca și cum masa lui ar fi concentrată în centrul său, iar forța acestei atracții scade invers proporțional cu pătratul distanței. În cazul nostru, distanța de la greutate la centrul Pămîntului s-a dublat, de aceea forța de gravitație a slăbit de 4 ori. Îndepărtînd greutatea noastră cu 12 800 km de suprafața Pămîntului, adică cu o

distanță egală aproximativ cu de 3 ori raza Pămîntului, această forță de atracție ar descrește de 3^2, adică de 9 ori; greutatea de 1 000 g ar cîntări doar 111 g etc.

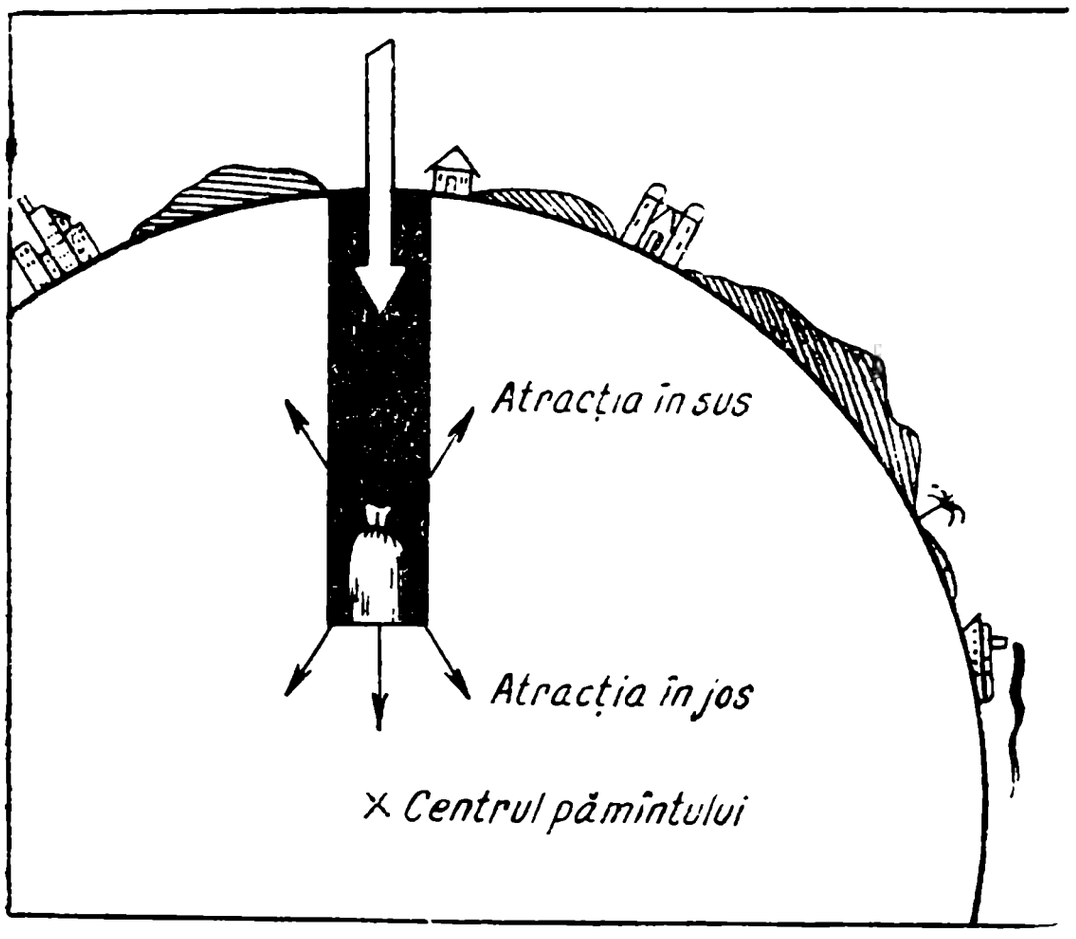


Figura 23 — De ce scade forța gravitației o dată cu afundarea în interiorul Pămîntului?

Ar fi natural să credem că, afundîndu-ne cu greutatea de 1 kg spre centrul planetei noastre, ar trebui să asistăm la o creștere a forței de gravitație, iar greutatea noastră ar trebui să cîntărească mai mult. Dar lucrurile nu stau așa: o dată cu afundarea lor în interiorul Pămîntului, corpurile nu-și sporesc greutatea, ci, dimpotrivă, greutatea lor scade. Aceasta se explică prin faptul că în acest caz particulele de pămînt care exercită forța de atracție asupra corpurilor nu mai sînt așezate numai deoparte a corpului, ci împrejurul lui. Priviți desenul din figura 23. Vedeți că greutatea plasată în interiorul Pămîntului este atrasă în jos de particulele situate sub greutatea considerată, dar, în același timp, asupra lor își exercită forța de atracție și particulele care se găsesc deasupra ei. Se poate demonstra că, în ultimă instanță, trebuie luată în considerație numai forța de atracție a unei sfere a cărei rază este egală cu distanța de la centrul Pămîn-

tului pînă la punctul în care se află corpul. De aceea, pe măsura afundării sub suprafața terestră, greutatea corpului trebuie să descrească rapid. Atingînd centrul Pămîntului, corpul își va pierde greutatea, va deveni imponderabil, deoarece acolo el este atras cu aceeași forță de toate particulele care-l înconjoară.

Am ajuns la concluzia că un corp cîntărește cel mai mult la suprafața Pămîntului; o dată cu depărtarea de această suprafață fie în sus, fie în jos, greutatea lui scade[1].

CÎT CÎNTĂREȘTE UN CORP ÎN TIMPUL CĂDERII LUI?

Ați remarcat ce senzație stranie aveți în momentul cînd începeți să coborîți cu liftul? O ușurare anormală în greutate, asemenea celei pe care ar simți-o un om atunci cînd ar cădea într-o prăpastie... Nu este altceva decît senzația imponderabilității: în primul moment al mișcării, cînd podeaua de sub picioarele dumneavoastră a și început să coboare, iar corpul nu a căpătat încă aceeași viteză, el nu exercită asupra podelei aproape nici o presiune și, prin urmare, cîntărește foarte puțin. Clipa trece și o dată cu ea încetează și această senzație stranie; corpul dumneavoastră, tinzînd să cadă mai repede decît liftul care se mișcă uniform, apasă asupra podelei acestuia și-și recapătă din nou întreaga sa greutate.

Atîrnați o greutate de cîrligul unei balanțe cu arc și vedeți încotro se înclină săgeata indicatoare dacă coborîți repede balanța cu greutate. Vă veți convinge de faptul că în timpul căderii indicatorul nu mai arată valoarea inițială a greutății considerate, ci una mult mai mică! Dacă balanța

---

1 Așa s-ar petrece lucrurile dacă globul pămîntesc ar fi pe deplin omogen din punctul de vedere al densității; în realitate însă densitatea Pămîntului crește o dată cu apropierea de centrul lui; de aceea, o dată cu apropierea de centrul Pămîntului, forța de gravitație crește întîi pînă la o distanță oarecare și numai după aceea începe să scadă.

ar cădea liber și ați avea posibilitatea să urmăriți indicațiile săgeții, ați observa că în timpul căderii greutatea nu mai cîntărește nimic, indicatorul aflîndu-se în dreptul lui zero.

Cel mai greu corp devine complet imponderabil în decursul întregului interval de timp al căderii sale. Cauzele acestui fenomen sînt ușor de înțeles. Numim *greutate a corpului* forța cu care corpul trage punctul său de suspensie sau apasă pe suprafața sa de sprijin. Dar un corp aflat în c ă d e r e nu exercită nici o forță de tracțiune asupra arcului balanței, pentru că acesta coboară împreună cu el. Atît timp cît corpul cade, el nu trage și nu apasă nimic. Prin urmare, a întreba cît cîntărește un corp în timpul căderii lui înseamnă a întreba: cît cîntărește un corp cînd el nu .cîntărește ?

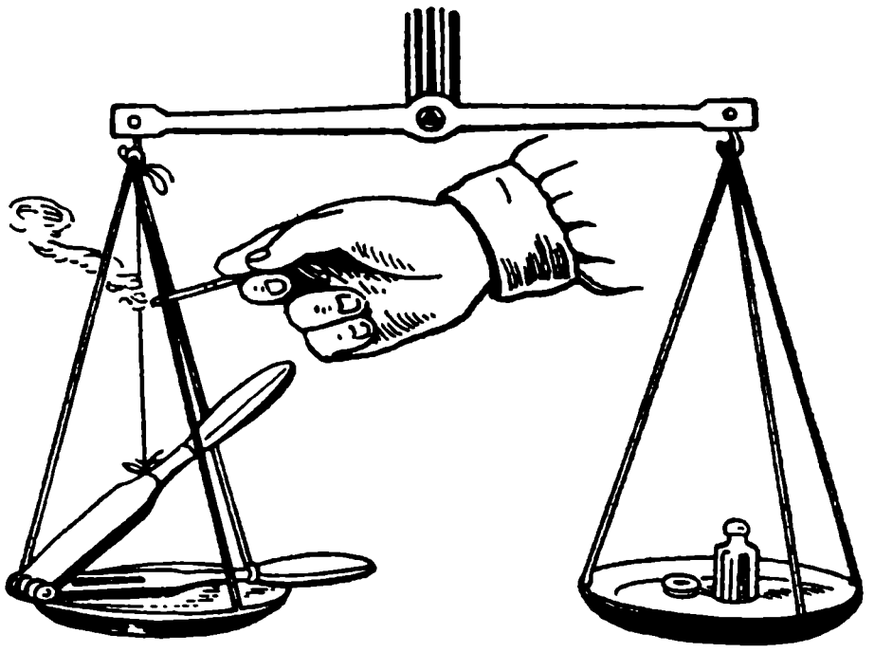


Figura 24 — Experiența care ilustrează imponderabilitatea corpului în timpul căderii.

Încă Galilei, fondatorul mecanicii, afirma în secolul al XVII-lea[1] că „noi simțim o povară pe umerii noștri atunci cînd ne străduim să împiedicăm căderea ei. Dar dacă ne mișcăm în jos cu aceeași viteză ca și povara aflată în spinarea noastră, atunci ea nu poate să ne apese. Este ca și cum am vrea să lovim cu sulița[2] pe cineva care aleargă în fața noastră cu aceeași viteză cu care ne deplasăm și noi".

Experiența descrisă mai jos și foarte ușor de efectuat va confirma justețea acestor raționamente.

Pe un taler al unei balanțe comerciale așezați un clește de spart nuci astfel încît un braț al cleștelui să se sprijine pe taler, iar celălalt braț legați-l cu un fir de ață de cîrligul de care este suspendat talerul (fig. 24). Pe celălalt taler puneți

---

1 În lucrarea sa *Demonstrații matematice privind două ramuri ale noii științe.*

2 Fără a o lansa.

atîtea greutăţi cîte sînt necesare pentru a echilibra cele două talere. Apropiaţi de firul de aţă un chibrit aprins; aţa va arde şi braţul suspendat al cleştelui va cădea pe taler.

Ce se va întîmpla cu balanţa în acest moment? Oare talerul cu cleştele va coborî încă în timpul căderii, se va ridica sau va rămîne în echilibru?

Acum, cînd ştiţi că un corp în cădere nu are greutate, puteţi răspunde imediat la această întrebare: pentru o clipă talerul trebuie să salte î n s u s.

Într-adevăr, în momentul cînd braţul care fusese suspendat începe să cadă, apasă asupra celuilalt braţ, cu toate că este în legătură cu el, mai puţin decît atunci cînd era în stare de repaus. Pentru o clipă, greutatea cleştelui scade, iar talerul, bineînţeles, se ridică.

DIN TUN SPRE LUNĂ

Între anii 1865 şi 1870 în Franţa a apărut romanul ştiinţifico-fantastic al lui Jules Verne *De la Pămînt la Lună*, în care el a formulat o idee neobişnuită: să trimită spre Lună un uriaş vagon-proiectil cu oameni vii! Jules Verne şi-a prezentat proiectul într-o formă atît de convingătoare, încît, probabil, majoritatea cititorilor şi-au pus întrebarea: oare nu poate fi realizată cu adevărat ideea scriitorului? Este interesant să discutăm această problemă[1].

Mai întîi de toate să vedem dacă, cel puţin teoretic, se poate trage cu tunul astfel încît proiectilul să nu cadă niciodată pe Pămînt. Teoria admite o astfel de posibilitate. Într-adevăr, de ce un proiectil lansat de tun orizontal cade pînă la urmă pe Pămînt? Pentru că Pămîntul, prin forţa de atracţie

---

1 Acum, după lansarea sateliţilor artificiali ai Pămîntului şi a primelor rachete cosmice, putem spune că pentru călătoriile cosmice vor fi folosite rachetele şi nu proiectilele. Dar după intrarea în funcţiune a ultimei trepte, mişcarea rachetei se supune aceloraşi legi ca şi mişcarea proiectilului de artilerie. De aceea textul autorului nu şi-a pierdut valabilitatea. (*Nota red. sovietice.*)

pe care o exercită asupra proiectilului, îi deviază traiectoria; proiectilul nu zboară în linie dreaptă, ci după o curbă îndreptată spre Pămînt, și de aceea, mai devreme sau mai tîrziu, atinge solul. Este adevărat că și suprafața Pămîntului e curbă, dar curbura traiectoriei proiectilului este mult mai mare. Dacă însă curbura traiectoriei proiectilului ar putea fi aranjată astfel încît să devină egală cu cea a suprafeței globului terestru atunci proiectilul respectiv nu ar putea cădea niciodată pe Pămînt. El s-ar deplasa pe o curbă concentrică cu sfera globului pămîntesc; cu alte cuvinte, ar deveni satelitul Pămîntului, un fel de a doua Lună a acestuia.

Dar cum se poate face ca un proiectil lansat de un tun să aibă o traiectorie mai puțin curbă decît suprafața Pămîntului? Pentru aceasta este necesar doar să i se imprime o viteză suficientă. Examinați desenul din figura 25, care reprezintă o secțiune a unei părți din globul pămîntesc. În vîrful unui munte, în punctul A, este plasat un tun. Proiectilul, lansat orizontal, ar ajunge după o secundă în punctul B dacă nu ar exista forța de gravitație. Dar intervine gravitația și sub influența acestei forțe proiectilul se va afla după o secundă nu în punctul B, ci cu 5 m mai jos, în punctul C. Cinci metri este drumul parcurs (în vid) de fiecare corp care cade liber, în prima secundă, sub acțiunea forței de gravitație în apropiere de suprafața Pămîntului. Dacă, coborînd cu acești cinci metri, proiectilul nostru se va afla la aceeași înălțime față de suprafața Pămîntului la care s-a aflat și în punctul A, atunci înseamnă că el se deplasează după o curbă concentrică cu curbura globului pămîntesc.

Rămîne de calculat intervalul AB (fig. 25), adică drumul pe care-l parcurge proiectilul într-o secundă în direcție orizontală; vom afla atunci cu ce viteză ar trebui să fie lansat proiectilul din gura tunului pentru a putea servi scopului nostru. Calculul se face ușor din triunghiul AOB, în care OA este raza globului pămîntesc (aproximativ 6 370 000 m); $OC = OA$; $BC = 5$ m; prin urmare, $OB = 6\,370\,005$ m. De aici, în baza teoremei lui Pitagora, avem $(AB)^2 = (6\,370\,005)^2 - (6\,370\,000)^2$.

Efectuînd calculele, aflăm că AB este aproximativ egal cu 8 km.

Astfel, dacă nu ar exista aerul care împiedică mult mișcarea rapidă, atunci proiectilul lansat de un tun în direcție orizontală cu o viteză de 8 km/s nu ar cădea nicio dată pe Pămînt, ci s-ar roti veșnic în jurul Pămîntului, asemenea unui satelit.

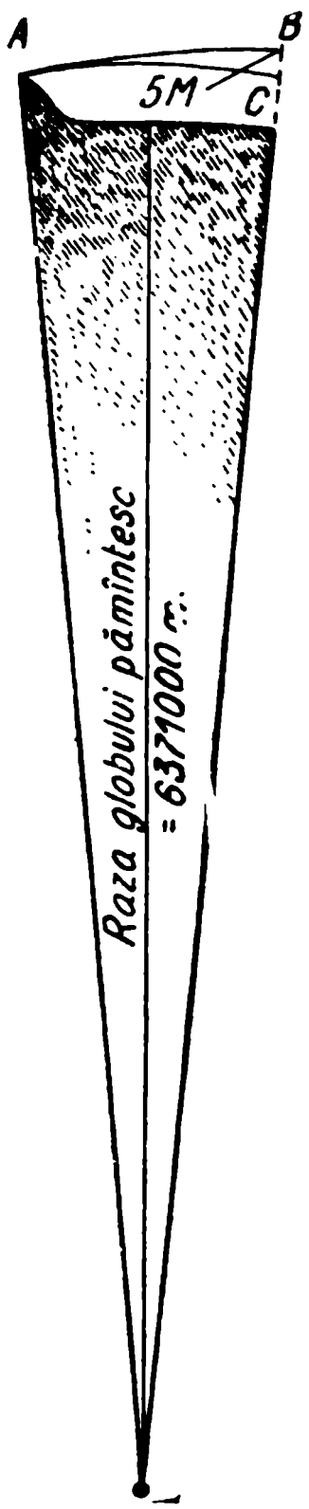


Figura 25 — Calculul vitezei proiectilului care trebuie să părăsească pentru totdeauna Pămîntul.

Dar încotro va zbura proiectilul dacă-l lansăm cu o viteză și mai mare? În mecanica cerească se demonstrează că un proiectil ieșit din gura tunului cu o viteză de 8,9 și chiar 10 km/s trebuie să descrie în jurul globului pămîntesc o elipsă cu atît mai alungită cu cît mai mare a fost viteza inițială. Cînd viteza proiectilului atinge 11,2 km/s, atunci în locul elipsei el va descrie o curbă deschisă, o parabolă, părăsind pentru totdeauna Pămîntul (fig. 26).

Prin urmare, vedem că din punct de vedere teoretic este posibil zborul spre Lună cu un proiectil lansat cu o viteză suficient de mare[1].

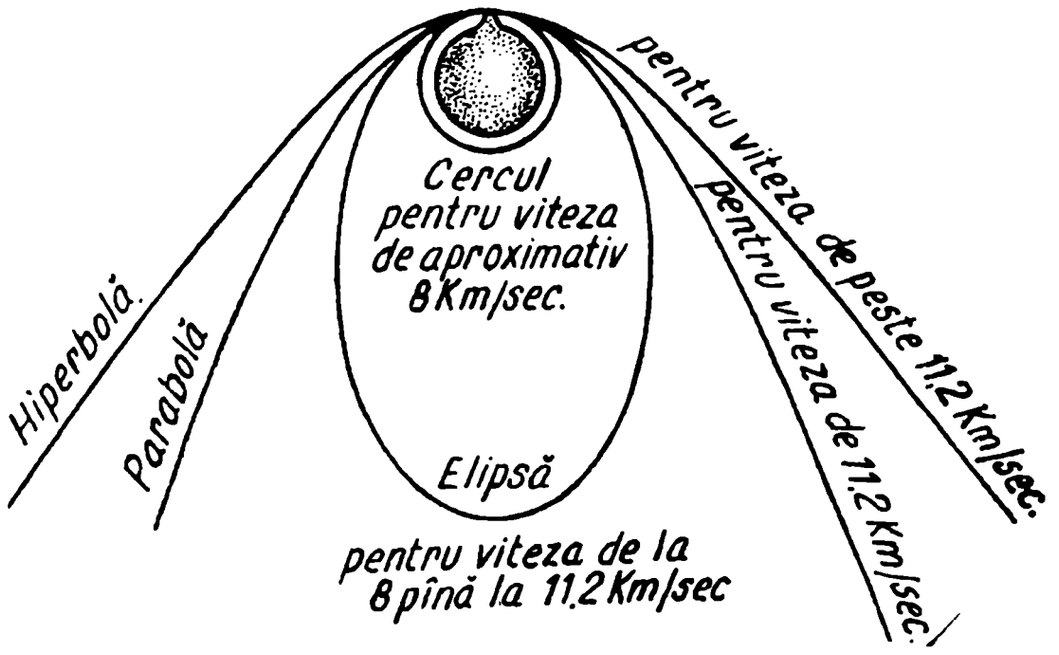

Cercul pentru viteza de aproximativ 8 Km/sec.
Hiperbolă
Parabolă
Elipsă
pentru viteza de la 8 pînă la 11.2 Km/sec
pentru viteza de peste 11.2 Km/sec.
pentru viteza de 11.2 Km/sec.

Figura 26—Soarta proiectilului de tun lansat cu o viteză inițială de 8 km sau mai mult.

1 Aici însă putem întîmpina greutăți de un gen cu totul diferit. Această problemă va fi examinată mai amănunțit în al doilea volum al *Fizicii distractive*.

În cele spuse mai sus am avut în vedere o atmosferă care să nu opună rezistenţă la mişcarea proiectilului. În condiţii reale, existenţa atmosferei, care opune rezistenţă la înaintarea proiectilului, ar îngreuia obţinerea unor asemenea viteze sau chiar ar face-o imposibilă.

CUM A DESCRIS JULES VERNE CĂLĂTORIA SPRE LUNĂ ŞI CUM AR TREBUI EA SĂ DECURGĂ

Cine a citit romanul lui Jules Verne a reţinut, probabil, acel moment interesant al călătoriei cînd proiectilul trecea prin punctul unde forţa de atracţie a Pămîntului este egală cu cea a Lunii. Acolo s-a întîmplat ceva cu adevărat fantastic: toate obiectele din interiorul proiectilului şi-au pierdut greutatea, iar călătorii înşişi, săltîndu-se, au rămas suspendaţi în aer fără nici un punct de sprijin.

Lucrurile sînt descrise foarte veridic, dar romancierul a pierdut din vedere faptul că acelaşi fenomen trebuia să se observe şi înainte, şi după trecerea prin punctul de atracţie egală. Este uşor de demonstrat că atît călătorii, cît şi toate obiectele din interiorul proiectilului trebuie să devină imponderabile c h i a r d i n p r i m u l m o m e n t d e z b o r l i b e r.

Fenomenul pare de necrezut, dar sînt convins că veţi rămîne îndată uimiţi cum de nu v-aţi dat seama singuri de o eroare esenţială.

Să luăm un exemplu din romanul lui Jules Verne. Sînt sigur că nu aţi uitat cum pasagerii au aruncat cadavrul cîinelui şi cum au observat cu uimire că el nu cade pe Pămînt, ci continuă să zboare alături de proiectil. Romancierul a descris bine acest fenomen şi i-a dat o explicaţie justă. Într-adevăr, după cum se ştie, în vid toate corpurile cad cu aceeaşi viteză: forţa de gravitaţie a Pămîntului imprimă tuturor corpurilor aceeaşi acceleraţie. În cazul de faţă, atît proiectilul, cît şi cadavrul cîinelui trebuia să capete sub

acțiunea forței de gravitație a Pămîntului aceeași viteză de cădere (aceeași accelerație); mai exact, viteza care i-a fost imprimată proiectilului la ieșirea lui din gura tunului trebuia să descrească uniform sub acțiunea gravitației. Prin urmare, vitezele proiectilului și cadavrului trebuiau să rămînă egale pe întregul parcurs și de aceea cadavrul cîinelui aruncat din proiectil trebuia să-l urmeze în continuare, fără a rămîne în urmă.

Dar iată ce a scăpat din vedere romancierul: dacă cadavrul cîinelui nu cade spre Pămînt, aflîndu-se în afara proiectilului, atunci de ce ar cădea el aflîndu-se în interiorul lui? Doar atît în exteriorul, cît și în interiorul proiectilului acționează aceleași forțe! Cadavrul cîinelui, plasat fără suport în interiorul proiectilului, trebuie să rămînă suspendat în spațiu: el are absolut aceeași viteză ca și proiectilul și, prin urmare în raport cu acesta rămîne în repaus.

Ceea ce e adevărat pentru cadavrul cîinelui e adevărat și pentru corpurile pasagerilor și, în general, pentru toate obiectele din interiorul proiectilului: în fiecare punct al traiectoriei, ele au aceeași viteză ca proiectilul însuși și, ca atare, nu trebuie să cadă chiar dacă rămîn fără nici un punct de sprijin. Scaunul care se sprijină pe podeaua proiectilului poate fi așezat cu picioarele în sus pe tavan fără a cădea „în jos", pentru că își va continua zborul împreună cu tavanul. Pasagerul se poate așeza cu capul în jos pe acest scaun și să rămînă astfel așezat fără a avea vreo tendință de a cădea pe podeaua proiectilului. Ce forță îl poate sili să cadă? Dacă el ar cădea, adică s-ar apropia de podea, aceasta ar fi însemnat propriu-zis că proiectilul zboară în spațiu cu o viteză mai mare decît pasagerul (altfel scaunul nu s-ar apropia de podea). Iar aceasta este imposibil: noi știm că toate obiectele din interiorul proiectilului au aceeași accelerație ca proiectilul însuși.

Romancierul nu a observat acest lucru: el credea că obiectele din interiorul proiectilului, în timpul zborului liber al acestuia, vor continua să exercite o presiune pe suprafețele lor de sprijin, așa cum o exercitau atunci cînd proiectilul

nu-și luase încă zborul. Jules Verne a scăpat din vedere faptul că corpul ponderabil apasă asupra suprafeței sale de sprijin numai pentru că aceasta este imobilă sau se mișcă uniform; dacă însă atît corpul, cît și suportul său se mișcă în spațiu cu o accelerație egală, atunci ele nu pot să apese unul asupra celuilalt.

Deci, din momentul călătoriei cînd gazele au încetat să mai acționeze asupra proiectilului, pasagerii nu mai aveau nici un fel de greutate și puteau pluti liber în interiorul proiectilului; tot astfel toate obiectele din el trebuiau să fie cu totul imponderabile. După acest indiciu, pasagerii puteau constata cu ușurință dacă și-au luat zborul sau continuă să rămînă nemișcați în gura tunului. Cu toate acestea, romancierul povestește cum în prima jumătate de oră a călătoriei lor cosmice pasagerii își puneau zadarnic întrebarea dacă zboară sau nu.

— „Zburăm, Nicholl?

Amîndoi se uitară lung unul la altul. De fapt nici Ardan și nici căpitanul nu se gîndiseră încă la asta. Prima lor grijă fusese Barbicane, nu proiectilul.

Ardan îi spuse:

— Cred că zburăm.

— Doar nu-ți vei fi închipuind că ne odihnim liniștiți pe țărmul Floridei? întrebă Nicholl.

— Sau poate crezi că sîntem în fundul golfului Mexic? făcu Michel Ardan".

Astfel de dubii pot avea pasagerii unui vapor, dar ele sînt de neimaginat pentru pasagerii unui proiectil care zboară liber; primii își mențin greutatea, iar ceilalți nu pot să nu observe că au devenit complet imponderabili.

Ciudat fenomen trebuie să fi fost acel vagon-proiectil fantastic! O lume în miniatură în care corpurile sînt lipsite de greutate, unde toate obiectele scăpate din mînă rămîn pe loc și-și păstrează echilibrul în orice poziție, unde apa nu se varsă dintr-o sticlă răsturnată. Toate acestea au scăpat din vederea autorului romanului *De la Pămînt la Lună* și ce posibilități uimitoare s-ar fi deschis fanteziei neobosite a romancierului!

A CÎNTĂRI EXACT CU O BALANȚĂ DEFECTĂ

Ce este mai important pentru a putea cîntări exact: balanța sau greutățile?

Dacă credeți că amîndouă sînt la fel de importante, atunci greșiți. Dacă avem la îndemînă greutăți bune, atunci putem cîntări cu exactitate chiar dacă balanța nu dă indicații exacte. Există pentru aceasta cîteva metode. Vom examina două dintre ele.

Prima metodă a fost propusă de marele chimist rus D. I. Mendeleev. Cîntărirea începe prin așezarea pe taler a unei tare oarecare, indiferent care, cu condiția doar ca ea să fie mai grea decît corpul care urmează să fie cîntărit. Această tară se echilibrează cu ajutorul greutăților ce se așază pe celălat taler. După aceea pe talerul cu greutăți se așază corpul care urmează a fi cîntărit și se scot atîtea greutăți cît este necesar pentru a restabili echilibrul. Este evident că valoarea greutăților scoase este egală cu greutatea corpului; aceasta din urmă înlocuiește acum greutățile respective pe același taler, avînd, prin urmare, aceeași greutate.

Această metodă, numită *metoda încărcării permanente*, este deosebit de comodă cînd avem de cîntărit unul după altul cîteva corpuri: tara inițială rămîne mereu aceeași și este folosită la cîntărirea tuturor obiectelor.

O altă metodă, numită *metoda lui Borda*, după numele savantului care a propus-o, constă în următoarele:

Se așază obiectul care urmează a fi cîntărit pe unul dintre talere, iar pe celălalt se toarnă nisip sau alice pînă la echilibrarea balanței. Apoi, îndepărtînd obiectul de la primul taler (fără a atinge nisipul), se pun pe el greutăți pînă cînd balanța revine la echilibru. Este evident acum că valoarea greutăților folosite este egală cu greutatea obiectului pe care l-au înlocuit. De aici provine cea de-a doua denumire a acestei metode: *cîntărire prin substituție.*

Pentru balanța cu arc, care nu are decît un singur taler, este de asemenea valabilă această metodă dacă dispunem de greutăți exacte. De data aceasta nu mai avem nevoie de nisip

sau de alice. Aşezăm obiectul de cîntărit pe taler şi notăm valoarea dată de acul indicator al balanţei. Apoi înlocuim obiectul respectiv cu atîtea greutăţi încît săgeata indicatorului să revină în dreptul aceleiaşi diviziuni ca mai înainte. Este evident că valoarea respectivă a greutăţilor ne dă greutatea obiectului pe care l-am înlocuit.

MAI PUTERNIC DECÎT EL ÎNSUŞI

Ce greutate puteţi ridica cu mîna? Să presupunem că una de 10 kg. Credeţi că aceste 10 kg determină forţa musculară a mîinii dumneavoastră? Vă înşelaţi: forţa musculară este mult mai mare! Urmăriţi, de exemplu, acţiunea bicepsului braţului dumneavoastră (fig. 27). El este fixat în apropierea punctului de sprijin al pîrghiei pe care o prezintă osul antebraţului, iar greutatea îşi exercită acţiunea asupra celuilalt capăt al acestei pîrghii vii. Distanţa de la greutate pînă la punctul de sprijin, adică pînă la încheietură, este de 8 ori mai mare decît distanţa de la capătul muşchiului pînă la punctul de sprijin. Prin urmare, dacă greutatea este de 10 kg, atunci muşchiul depune o forţă de tracţiune de opt ori mai mare. Dezvoltînd o putere de opt ori mai mare decît mîna noastră, muşchiul ar fi putut ridica direct nu 10, ci 80 kg.

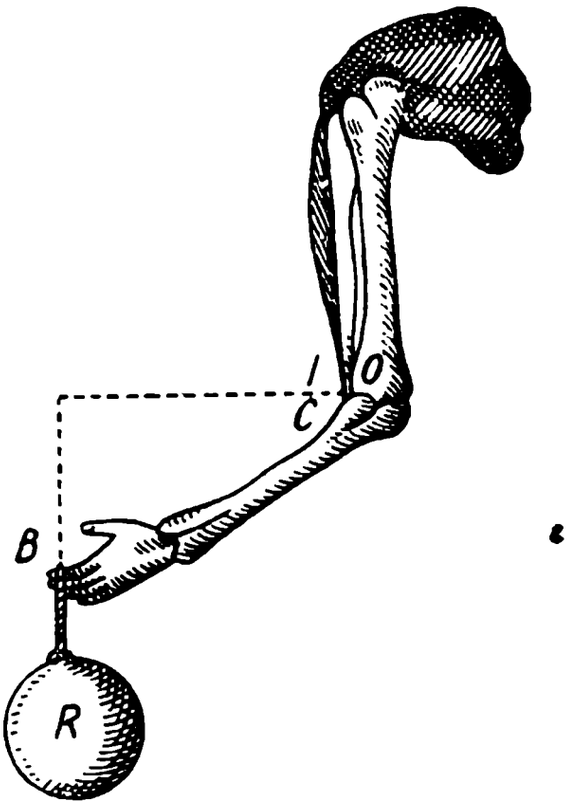


Figura 27 — Antebraţul *A* al omului este o pîrghie de gradul al doilea. Forţa activă este aplicată în punctul I! Punctul de sprijin al pîrghiei se află în punctul O al articulaţiei; rezistenţa întîmpinată (greutatea *R*) este aplicată în punctul *B*. Distanţa *BO* este mai mare decît distanţa *IO* de aproximativ 8 ori. (Desenul a fost luat dintr-o lucrare veche a lui Borelli, un savant florentin din secolul al XVII-lea, intitulată „Despre mişcarea animalelor", în care pentru prima dată legile mecanicii au fost aplicate la fiziologie.)

Fără a exagera, putem spune că fiecare om este mult mai puternic decît el însuşi, adică muşchii noştri dezvoltă o forţă mult mai mare decît cea care se manifestă în activităţile noastre.

Este oare raţională o asemenea structură a mîinilor şi braţelor noastre? La prima privire s-ar părea că nu: apare o

pierdere de putere necompensată prin nimic. Să ne amintim totuși vechea „lege de aur" a mecanicii: ceea ce se pierde ca putere se cîștigă ca mișcare. Aici are loc un cîștig de viteză. Mîinile noastre se mișcă de 8 ori mai repede decît mușchii care le comandă. Această fixare a mușchilor, pe care o constatăm în corpul animalelor, asigură viteza de mișcare a membrelor, viteză care în lupta pentru existență are o importanță mai mare decît forța. Noi, oamenii, am fi fost niște ființe foarte încete dacă mîinile și picioarele noastre nu ar fi avut această structură.

DE CE ÎNȚEAPĂ OBIECTELE ASCUȚITE?

V-ați pus oare vreodată întrebarea: de ce acul străpunge cu atîta ușurință un obiect? De ce un ac subțire străpunge așa de ușor o stofă sau un carton în timp ce un cui bont le străpunge mult mai greu? S-ar părea că în ambele cazuri acționează aceeași forță.

Forța este aceeași, dar p r e s i u n e a este inegală. În primul caz, întreaga forță este concentrată în vîrful acului; în cel de-al doilea, aceeași forță se distribuie pe suprafața mult mai mare a cuiului bont; deci presiunea exercitată de ac este mult mai mare decît a cuiului, deși efortul depus de mîna noastră rămîne același.

Oricine vă va spune că o grapă cu 20 de dinți va săpa mai adînc pămîntul decît una cu 60 de dinți dar cu aceeași greutate. De ce? Pentru că în primul caz î n c ă r c a r e a p e f i e c a r e d i n t e este mai mare decît în cazul al doilea.

Cînd este vorba de presiune, atunci totdeauna trebuie să avem în vedere, în afară de forță, și suprafața asupra căreia acționează această forță. Cînd ni se spune că cineva are un salariu de 1 000 de ruble, noi nu ne putem da seama dacă acest salariu este mare sau mic, pentru că nu știm dacă este vorba de salariul lunar sau anual. Tot astfel, și acțiunea forței depinde de faptul dacă ea este distribuită pe un centimetru pătrat sau este concentrată pe o sutime de milimetru pătrat.

Cu schiuri omul poate merge pe zăpada afînată, iar fără schiuri se afundă în ea. De ce? Pentru că în primul caz presiunea corpului lui se distribuie pe o suprafață mult mai mare decît în cazul al doilea. Dacă, de exemplu, suprafața schiurilor este de 20 de ori mai mare decît suprafața tălpilor noastre atunci presiunea exercitată de noi asupra zăpezii este de 20 de ori mai mică decît atunci cînd stăm pe zăpadă fără schiuri. Zăpada afînată ne va ține în primul caz pe suprafața ei; în al doilea caz ne afundăm.

Din aceeași cauză, cailor care lucrează în locurile mlăștinoase li se leagă la copite niște „ghete" speciale, pentru a mări suprafața de sprijin a picioarelor, micșorînd astfel presiunea exercitată asupra terenului mlăștinos; astfel picioarele cailor nu se mai afundă în solul moale. Tot așa procedează și oamenii din regiunile mlăștinoase.

Pe suprafața gheții subțiri oamenii se deplasează tîrîș pentru a-și distribui greutatea întregului corp pe o arie mai mare. În sfîrșit, particularitatea caracteristică a tancurilor și a tractoarelor cu șenile de a nu se împotmoli în terenurile moi cu toate că au greutate mare se explică tot prin distribuirea greutății lor pe o suprafață de sprijin mare. O mașină cu șenile, cu o greutate de 8 și chiar de mai multe tone, exercită pe 1 cm^2 de teren o presiune de cel mult 600g. Din acest punct de vedere este interesant autocamionul cu șenile folosit pentru transporturile în regiunile mlăștinoase. Un astfel de camion, transportînd 2 tone de mărfuri, exercită asupra solului doar o presiune de 160g pe 1 cm^2; de aceea el poate fi folosit cu succes pe terenurile mlăștinoase de turbă, pe terenuri nisipoase etc.

În acest caz, suprafața mare de sprijin este tot atît de avantajoasă ca și suprafața mică în cazul acului.

Din cele spuse este clar că un vîrf ascuțit străpunge numai datorită suprafeței reduse pe care se distribuie acțiunea forței.

Tot din același motiv un cuțit ascuțit taie mai bine decît unul tocit: forța este concentrată pe un spațiu mai mic.

Astfel, obiectele ascuțite taie și străpung bine deoarece pe ascuțișul și pe vîrful lor se concentrează o presiune mai mare.

De ce atunci cînd ședem pe un taburet simplu el ni se pare mai tare decît un scaun de lemn? De ce ni se pare atît de moale un hamac împletit din frînghii destul de aspre? De ce ni se pare suficient de moale patul cu plasă de sîrmă în locul saltelei cu arcuri?

Nu este greu să găsim răspunsul la aceste întrebări. Suprafața unui taburet simplu este plană și de aceea corpul nostru vine în contact cu el numai pe o suprafață mică, pe care se și concentrează întreaga lui greutate. Scaunul însă are o suprafață curbă, care vine în contact cu o parte mai mare din suprafața corpului nostru și deci pe o unitate de suprafață revine o greutate mai mică, presiune mai redusă.

Astfel, totul se explică aici printr-o distribuție mai uniformă a presiunii. Cînd dormim pe un pat moale, în el se formează adînciturі care coincid cu neregularitățile corpului nostru. Atunci presiunea pe suprafața de contact se distribuie destul de uniform și pentru fiecare centimetru pătrat revin doar cîteva grame. Nu este de mirare faptul că în asemenea condiții ne simțim bine.

Această deosebire poate fi ușor exprimată și în cifre. Suprafața corpului unui om matur este de aproximativ 2 m^2 sau 20 000 cm^2. Să presupunem că, atunci cînd stăm culcați în pat, în contact cu acesta vine aproximativ 1/4 din întreaga suprafață a corpului, adică 0,5 m^2 sau 5 000 cm^2 . Greutatea corpului nostru este de aproximativ 60 kg (în medie) sau 60 000 g. Prin urmare, pentru fiecare cm^2 revin doar 12 g. Cînd însă sîntem culcați pe o scîndură goală, atunci venim în contact cu suprafața de sprijin doar în cîteva porțiuni mici, a căror suprafață totală însumează numai vreo sută de centimetri pătrați. În acest caz, asupra fiecărui centimetru pătrat se exercită o presiune de o jumătate de kilogram și nu de zece grame. Diferența este mare și o simțim imediat pe corpul nostru.

Dar chiar pe patul cel mai t a r e putem să ne simțim foarte comod dacă presiunea se distribuie uniform pe o suprafață mare. Imaginați-vă că v-ați culcat pe o argilă moale și în ea s-au imprimat formele trupului dumneavoastră. Lăsați

apoi argila să se usuce (uscîndu-se, argila „se lasă“ cu 5—10%, dar presupunem că acest lucru nu se întîmplă). Cînd ea va deveni tare ca piatra, păstrînd contururile corpului dv., culcați-vă din nou pe ea, umplînd cu corpul dv. această formă de piatră. Vă veți simți ca pe o saltea de puf, deși de fapt culcușul acesta este tare ca piatra. Veți fi asemenea lui Leviatan, despre care Lomonosov scrie în versurile sale:

„ Pe stînci ascuțite se culcă.
Disprețuind a lor tărie
Și considerîndu-le moi ca mîlul
Pentru marile sale forțe.“

Dar cauza insensibilității noastre față de rigiditatea culcușului nu vor fi „marile forțe“, ci distribuirea greutății corpului pe o suprafață de sprijin foarte mare.

Capitolul 3

REZISTENȚA MEDIULUI

GLONȚUL ȘI AERUL

Este cunoscut de toți faptul că aerul opune rezistență la zborul glonțului, dar numai puțini își dau seama cît de mare este această acțiune de frînare a aerului. Majoritatea oamenilor tind să creadă că un asemenea mediu cum este aerul, pe care în mod obișnuit nici nu-l simțim, nu poate împiedica prea mult zborul unui glonț de armă.

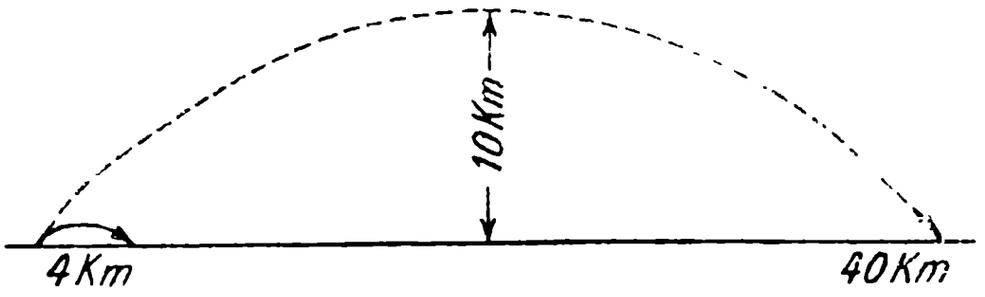


Figura 28 — Zborul glonțului în vid și în aer. Arcul cel mare reprezintă traseul pe care l-ar avea glonțul dacă n-ar exista atmosfera. Arcul cel mic reprezintă traiectoria reală a glonțului în atmosferă.

Dar priviți desenul din figura 28 și veți înțelege că aerul prezintă o piedică serioasă pentru glonț în zborul lui. Arcul mare din acest desen reprezintă traiectoria pe care ar parcurge-o glonțul dacă nu ar exista atmosferă. Părăsind țeava armei

sub un unghi de 45° și cu viteza inițială 620 de m/s, glonțul ar descrie un arc uriaș cu o înălțime de 10 km, iar bătaia lui ar fi de aproape 40 km. În realitate însă, în condițiile de mai sus, glonțul descrie un arc de cerc relativ mic și distanța lui de zbor va fi doar de 4 km. Acest arc, reprezentat pe același desen, este cu totul neînsemnat față de primul; iată care este rezultatul rezistenței opuse de aer! Dacă nu ar exista aerul, atunci s-ar putea trage cu arma într-un inamic aflat la o distanță de 40 km, împroșcînd cu o ploaie de plumb la o înălțime de 10 km!

TRAGEREA LA DISTANȚE FOARTE MARI

Tragerile la distanțe de o sută de kilometri și mai mult au fost folosite pentru prima oară de către artileria germană pe la sfîrșitul primului război mondial (1918), cînd succesele aviației franceze și engleze au pus capăt atacurilor aeriene ale germanilor. Statul-major german a ales atunci o altă metodă,

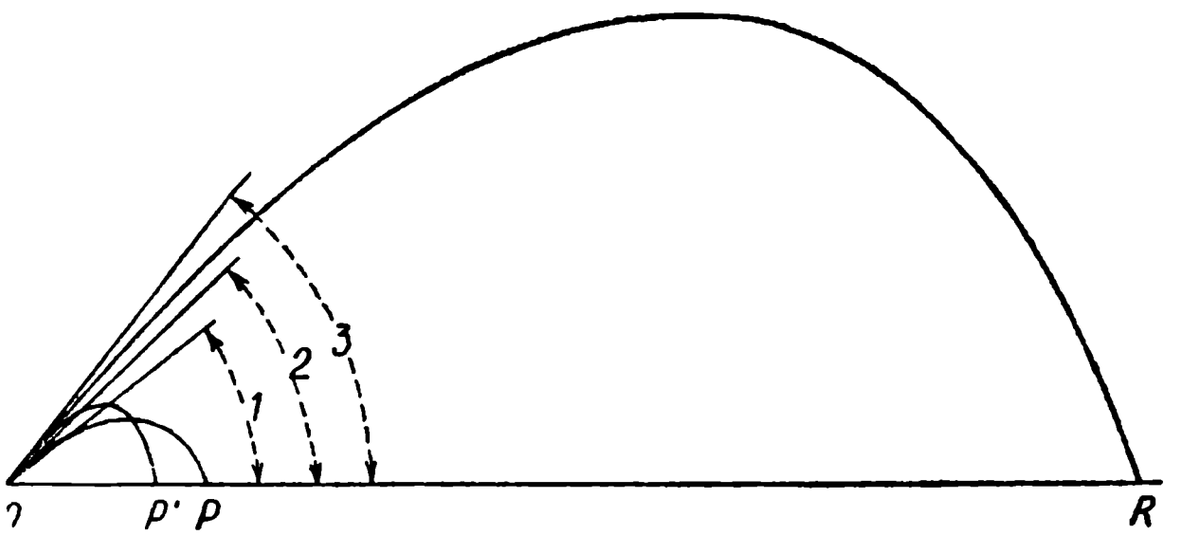


Figura 29 — Cum variază distanța de zbor a proiectilului o dată cu variația unghiului de înclinare a unui tun cu bătaie ultralungă; cînd avem unghiul 1, atunci proiectilul cade în *P*; în cazul unghiului 2 — în *P*; pentru unghiul 3 bătaia crește brusc de mai multe ori, deoarece proiectilul nimerește în straturile cu atmosferă rarefiată.

folosind de data aceasta artileria pentru a putea dezlănțui focul asupra capitalei Franței, aflată la o distanță de cel puțin 110 km de linia frontului.

Această metodă era cu totul nouă, neexperimentată încă de nimeni. Ea a fost găsită de artileriștii germani cu totul întîmplător. Trăgîndu-se cu un tun de calibru mare cu un unghi de înălțare mare, s-a constatat pe neașteptate că în locul unei distanțe de bătaie de 20 km s-a atins o bătaie de 40 km. S-a constatat că proiectilul trimis în sus cu o viteză inițială mare ajunge în acele straturi de atmosferă rarefiată unde rezistența aerului este foarte mică; în acest mediu, care opune o rezistență mică, proiectilul parcurge o mare parte din traiectoria sa și apoi coboară brusc spre pămînt. În figura 29 se arată cît de mare este diferența dintre traiectoria proiectilelor atunci cînd variază unghiul de înălțare.

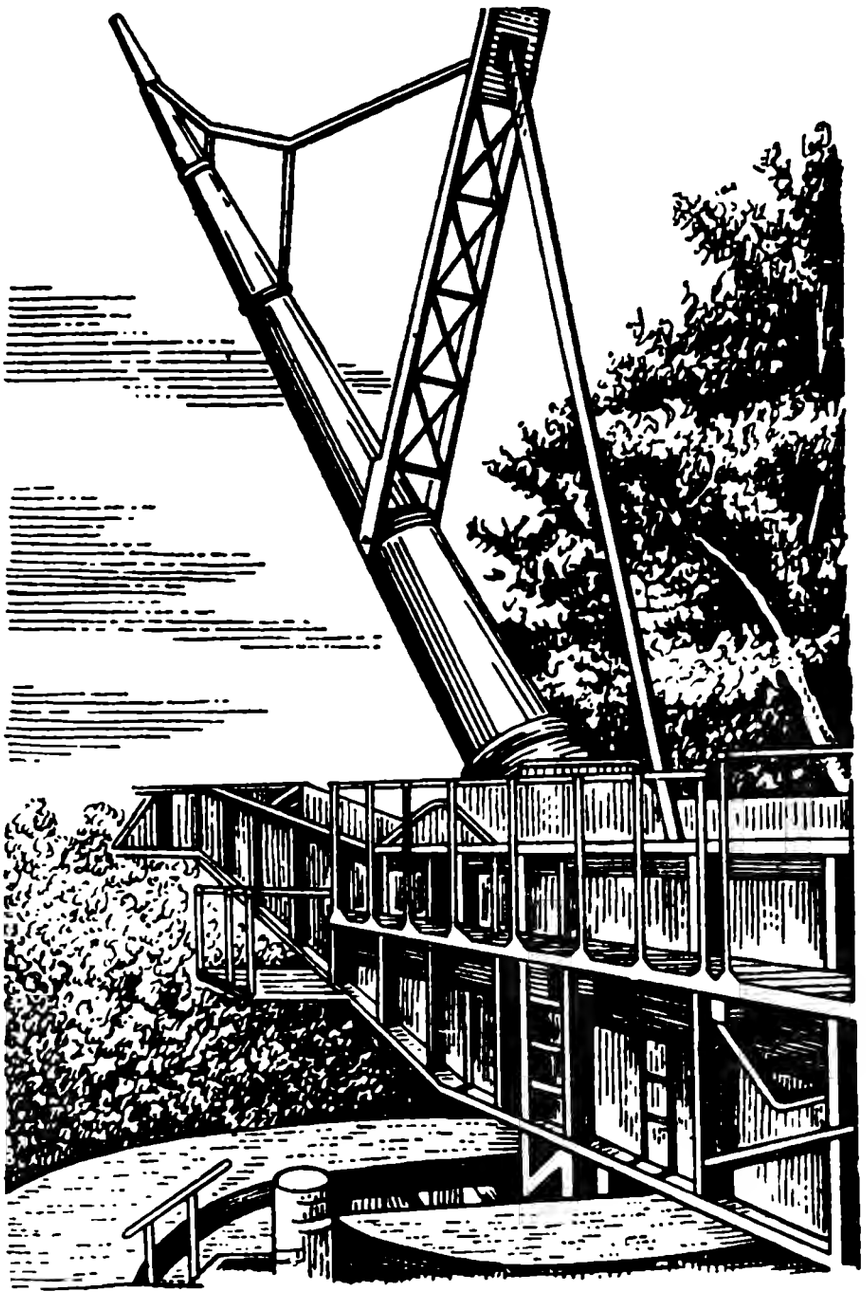


Figura 30 — Tunul german „Kolossal". Aspectul exterior.

Germanii au pus această observație la baza proiectului de construcție a unui tun cu bătaie ultralungă pentru bombardarea Parisului, aflat la distanța de 115 km. Tunul a fost construit în grabă și în vara anului 1918 a lansat asupra Parisului peste 300 de proiectile.

Iată ce s-a aflat ulterior despre acest tun.

El era format dintr-o țeavă de oțel cu lungimea de 34 m și grosimea de 1 m; grosimea pereților în partea camerei închizătorului era de 40 cm. Greutatea tunului era de 750 de tone. Proiectilele lui în greutate de 120 kg, aveau o lungime de 1 m și o grosime de 21 cm. Pentru încărcarea tunului erau necesare 150 kg de pulbere; se dezvolta o presiune de 5 000

de atmosfere, care împingea proiectilul afară din țeavă cu o viteză inițială de 2 000 m/s. Tragerea se făcea cu un unghi de înălțare de 52°; proiectilul descria un arc uriaș al cărui punct superior se afla la o înălțime de 40 km deasupra pămîntului, în stratosferă. De la locul lansării și pînă la Paris (cei 115 km), proiectilul făcea 3,5 minute, din care două minute zbura prin stratosferă.

Așa se prezenta primul tun cu bătaie ultralungă, străbunul artileriei moderne de tragere la distanțe foarte mari.

Cu cît este mai mare viteza inițială a glonțului (sau a proiectilului), cu atît rezistența aerului este mai mare; ea nu crește proporțional cu viteza, ci mai repede proporțional cu puterea a doua sau și mai mare a vitezei (în funcție de mărimea acestei viteze).

DE CE SE ÎNALȚĂ ZMEUL DE HÎRTIE?

Ați încercat vreodată să vă explicați de ce zmeul de hîrtie se înalță în sus atunci cînd este tras de frînghie înainte?

Dacă puteți răspunde la această întrebare, veți înțelege de asemenea de ce zboară avionul, de ce plutesc în aer semințele de arțar și, în parte, vă veți da seama de cauzele mișcărilor stranii ale bumerangului. Toate aceste fenomene fac parte din aceeași categorie. Același aer care prezintă o piedică atît de serioasă pentru zborul gloanțelor și al proiectilelor condiționează nu numai zborul fructului ușor de arțar sau al zmeului de hîrtie, dar și pe cel al greoiului avion cu zeci de pasageri.

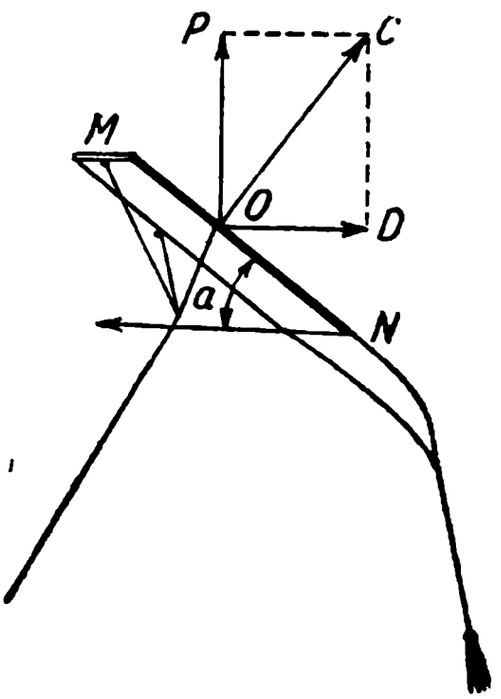


Figura 31 — Forțele care acționează asupra zmeului de hîrtie.

Pentru a explica înălțarea zmeului de hîrtie va trebui să recurgem la o schiță simplificată. Să presupunem că linia *MN* (fig. 31) reprezintă secțiunea zmeului. Dacă, vrînd să înălțăm zmeul, îl tragem de frînghie, atunci

el, din cauza greutății cozii, se mișcă într-o poziție înclinată. Să considerăm că această mișcare are loc dinspre dreapta spre stînga. Notăm unghiul de înclinare a planului zmeului față de orizontală cu *a*. Să vedem acum ce forțe acționează asupra zmeului în această situație. Aerul trebuie, desigur, să împiedice mișcarea lui, exercitînd asupra zmeului o presiune oarecare, reprezentată în figura 31 prin săgeata *OC*; deoarece aerul apasă totdeauna perpendicular pe o suprafață, linia *OC* formează în desenul nostru un unghi drept cu *MN*. Forța *OC* poate fi descompusă în două forțe, construindu-se paralelogramul forțelor; în locul forței *OC* obținem astfel forțele *OD* și *OP*. Forța *OD* împinge zmeul nostru înapoi și, prin urmare, reduce viteza lui inițială. Cealaltă forță, *OP*, îl împinge în sus; ea îi reduce greutatea și, dacă este suficient de mare, o poate chiar învinge astfel că zmeul se înalță. Iată de ce zmeul se ridică în sus cînd îl tragem de frînghie înainte.

Avionul este tot un fel de zmeu, cu deosebirea că forța motoare a mîinii este înlocuită aici cu forța elicei sau a motorului cu reacție, care comunică aparatului mișcarea înainte și, prin urmare, asemenea zmeului, îl forțează să se înalțe. Schema reprezentată aici este grosolană; există și alte cauze care determină decolarea avionului, cauze despre care se va vorbi în altă parte [1].

PLANOARELE VII

Știți că avioanele nu sînt construite, după cum se obișnuiește să se creadă, asemenea păsărilor, ci mai curînd asemenea veverițelor zburătoare, sau peștilor zburători. De altfel, animalele enumerate mai sus nu-și folosesc membrele de zbor pentru a se ridica în sus, ci doar pentru a putea efectua salturi mari, *coborîri planate*, cum ar zice un aviator. La ele, forța *OP* (fig. 31) este insuficientă pentru a echilibra pe deplin

1 Vezi volumul al doilea al *Fizicii distractive*, paragraful *Unde și vîrtejuri*.

greutatea corpului lor; ea le reduce doar greutatea și le ajută să facă sărituri uriașe din puncte aflate la înălțime (fig. 32). Veveriţele zburătoare sar 20—30 m din vîrful unui copac pe ramurile de jos ale altuia. În India și în Ceylon trăiește o specie de veveriţe zburătoare mai mari, tagnanii (*Schoinobates volans*), care au mărimea unei pisici obișnuite; cînd tagnanul își întinde „planorul", atunci lăţimea lui atinge o jumătate de metru. Aceste dimensiuni mari ale membrelor de zbor îi permit acestui animal să efectueze „zboruri" pe o distanţă de 50 m, cu toate că greutatea lui este destul de mare. Iar dermoptera care populează insulele Sonde și Filipine face chiar salturi pe o distanţă pînă la 70 m.

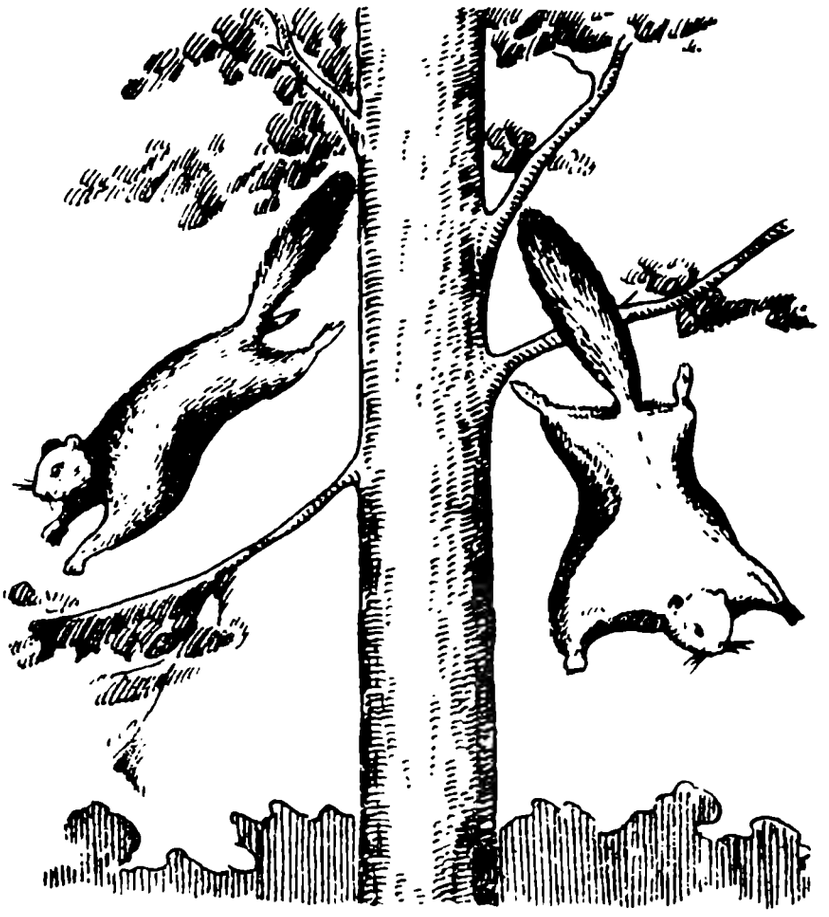


Figura 32 — Veveriţele zburătoare în timpul saltului. Ele efectuează de la înălţime sărituri pe o distanţă de 20—30 m.

ZBORUL „FĂRĂ MOTOR" LA PLANTE

Plantele recurg și ele adesea la zborul planat, și anume pentru a-și răspîndi fructele și seminţele. Multe fructe și seminţe sînt prevăzute cu mănunchiuri de puf (păpădia, bumbacul), care funcţionează asemenea unei parașute, sau cu niște planuri de susţinere sub forma unor protuberanţe, proeminenţe etc. Astfel de planoare vegetale găsim la conifere, arţari, ulmi, mesteceni, carpeni, tei, nenumărate umbelifere etc.

În cunoscuta carte *Viaţa plantelor* a lui Kerner von Marilaun citim despre aceasta următoarele:

„În zilele însorite, fără vînt, curentul de aer vertical ridică o mulțime de fructe și de semințe la o înălțime destul de mare; după apusul soarelui însă, de obicei, ele coboară din nou în apropiere. Aceste zboruri sînt importante nu atît pentru răspîndirea largă a plantelor, cît pentru plasarea lor pe cornișe și în crăpăturile pantelor abrupte și ale stîncilor, unde semințele nu ar fi putut ajunge pe altă cale. Totodată, masele de aer care se deplasează orizontal răspîndesc fructele și semințele, care planează în aer, la distanțe foarte mari.

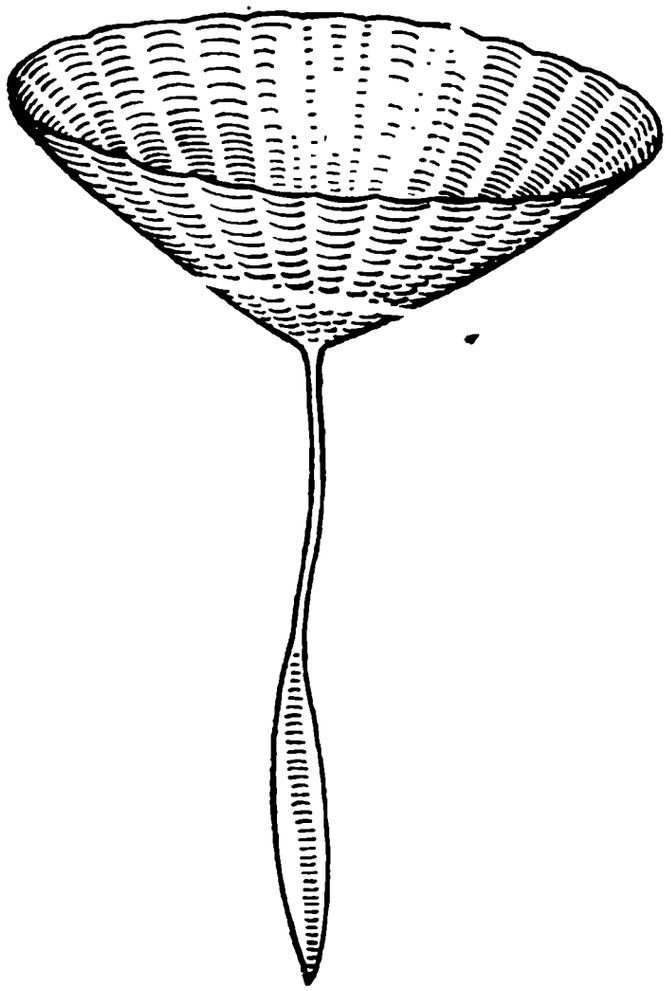


Figura 33 — Fructul tragopogonului.

La unele plante, aripioarele și parașutele rămîn legate de semințe numai în timpul zborului. Semințele acestor plante zboară lin în aer, dar de îndată ce întîlnesc un obstacol își leapădă parașuta și cad pe pămînt".

În figurile 33 și 34 sînt reprezentate cîteva fructe și semințe prevăzute cu „planoare".

În multe privințe, planoarele plantelor sînt chiar mai perfecte decît cele construite de om. Ele ridică o sarcină rela-

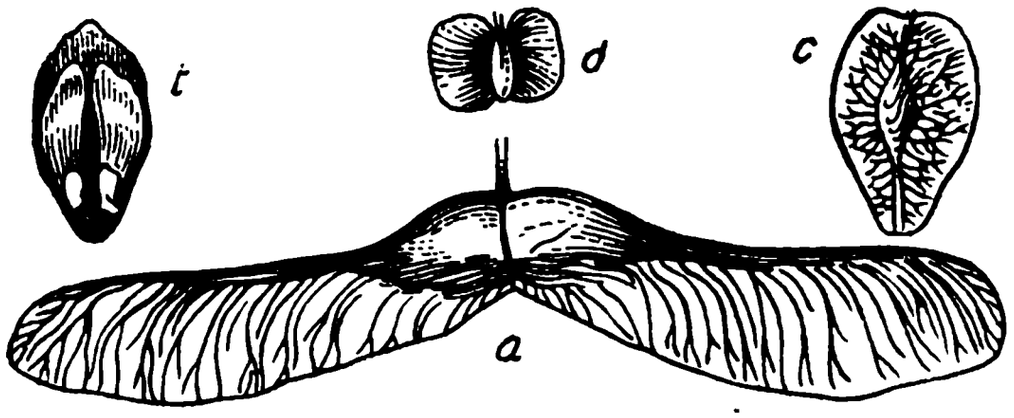


Figura 34 — Semințele zburătoare ale plantelor: a — aripioara arțarului, *b* — a pinului, *c* — a ulmului de cîmp, *d* — a mesteacănului.

tiv mare în comparație cu propria lor greutate. De asemenea, acest „avion" vegetal se caracterizează printr-o stabilitate

automată: dacă sămînța unei iasomii indiene este răsturnată, atunci ea se va întoarce singură din nou cu partea convexă în jos; dacă în timpul zborului sămînța întîlnește un obstacol, ea nu-și pierde echilibrul, nu cade, ci coboară lin.

SALTUL ÎNTÎRZIAT AL PARAȘUTISTULUI

Aici ne vin în minte săriturile eroice efectuate de maeștrii paraşutismului sportiv, efectuate de la o înălțime de circa 10 km fără a deschide paraşuta. Numai după ce parcurg o mare parte din drum ei trag de inelul parașutei și ultimele sute de metri coboară planînd cu ajutorul umbrelelor lor.

Mulți își închipuie că atunci cînd omul cade „ca o piatră", fără a deschide paraşuta, el coboară ca într-un spațiu vid. Dacă lucrurile ar sta astfel, cu alte cuvinte dacă în aer corpul omenesc ar cădea ca în vid, atunci săritura cu întîrziere ar dura mult mai puțin decît în realitate, iar viteza dezvoltată spre sfîrșit ar fi uriașă.

Rezistența aerului împiedică însă creșterea vitezei. Viteza corpului parașutistului în timpul săriturii cu întîrziere crește doar în decursul primelor zece secunde, în primele sute de metri. Rezistența aerului crește o dată cu creșterea vitezei atît de mult, încît momentul cînd viteza nu mai variază vine destul de repede. Din accelerată, viteza devine uniformă.

Cu ajutorul calculelor se poate trasa în linii generale tabloul săriturii întîrziate din punctul de vedere al mecanicii. Căderea a c c e l e r a t ă a parașutistului durează numai primele 12 secunde sau ceva mai puțin, în funcție de greutatea lui. În aceste secunde el reușește să coboare cu 400—450 m și să capete o viteză de aproximativ 50 m/s. Tot restul drumului pînă la deschiderea parașutei este parcurs cu o mișcare uniformă, cu această viteză.

Aproximativ tot așa cad și picăturile de ploaie. Diferența constă doar în faptul că prima perioadă a căderii, cînd viteza încă crește, durează pentru picătura de ploaie doar aproximativ o secundă și chiar mai puțin. De aceea viteza finală a

picăturilor nu este atît de mare ca la săritura întîrziată a parașutistului; ea oscilează între 2 și 7 m/s, în funcție de dimensiunile picăturii [1].

BUMERANGUL

Această armă originală, cea mai remarcabilă realizare tehnică a omului primitiv a trezit multă vreme umirea savanților. Într-adevăr, figurile stranii, întortocheate, descrise de bumerang în aer (fig. 35) pot pune în încurcătură pe oricine.

În prezent, teoria zborului bumerangului este elaborată foarte amănunțit și minunile au încetat să mai fie minuni. Nu ne vom opri însă asupra acestor amănunte interesante. Vom spune doar că traiectoria neobișnuită de zbor a bumerangului este rezultatul interacțiunii a trei factori: 1 — impulsul inițial; 2 — rotirea bumerangului și 3 rezistența aerului. Austra-

Figura 35 — Cum folosesc australienii bumerangul la vînătoare pentru a-și lovi victima de după o acoperire. Traiectoria bumerangului (în cazul unei lovituri greșite) este arătată printr-o linie punctată.

---

1 Despre viteza picăturilor de ploaie se vorbește mai amănunțit în volumul *Mecanica distractivă*, iar despre saltul întîrziat în *Cunoașteți fizica?* scrise tot de autorul *Fizicii distractive*.

lianul știe instinctiv să îmbine acești trei factori; el variază cu dibăcie unghiul de înclinare al bumerangului, forța și direcția de lansare pentru a obține rezultatul dorit.

De altfel oricine poate căpăta puțină iscusință în această artă.

Pentru exerciții în cameră ne vom mulțumi cu

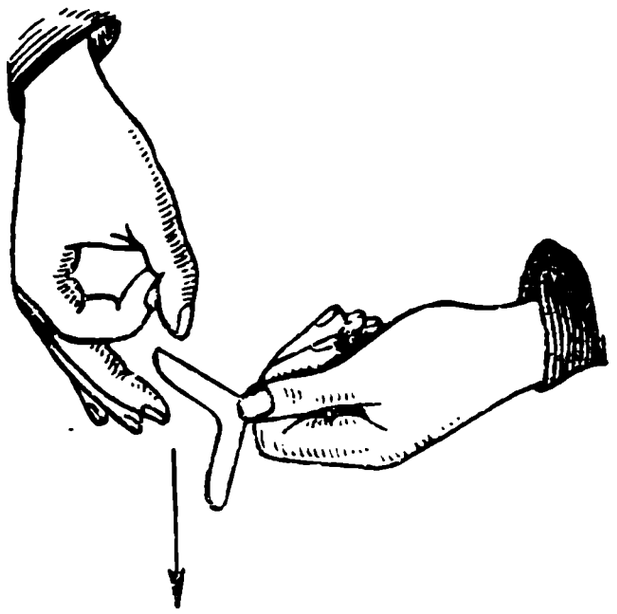


Figura 36 — Bumerangul de hîrtie și metoda de lansare a acestuia.

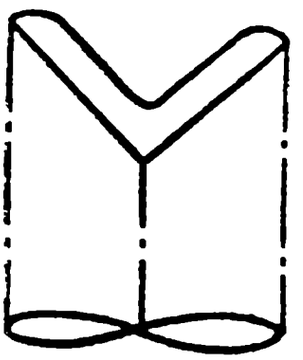


Figura 37 — O altă formă a bumerangului de hîrtie (în mărime naturală).

bumerangul de hîrtie, care poate fi decupat chiar dintr-o carte poștală, dîndu-i forma indicată în figura 36. Dimensiunile fiecărui braț sînt: aproximativ 5 cm lungime și ceva mai puțin de 1 cm lățime. Prindeți cu unghia degetului mare bumerangul de hîrtie și loviți-i capătul, astfel încît lovitura să fie îndreptată înainte și puțin în sus. Bumerangul va parcurge în zbor vreo cinci metri, va descrie lin o curbă uneori destul de întortocheată și, dacă nu se va lovi de vreun obiect din cameră, va cădea la picioarele dumneavoastră.

Experiența va fi și mai reușită dacă-i dăm bumerangului dimensiunile și forma reprezentate în figura 37 în mărime naturală. Este bine să îndoim brațele bumerangului în spirală

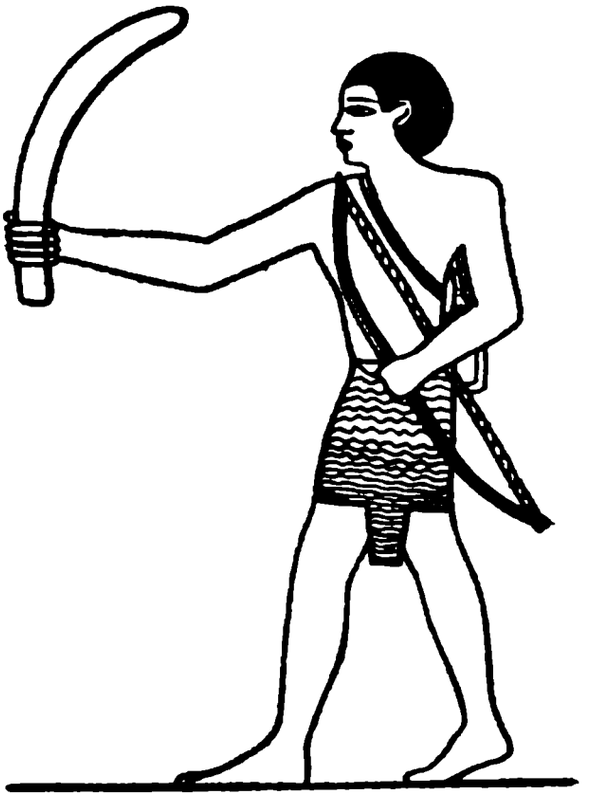
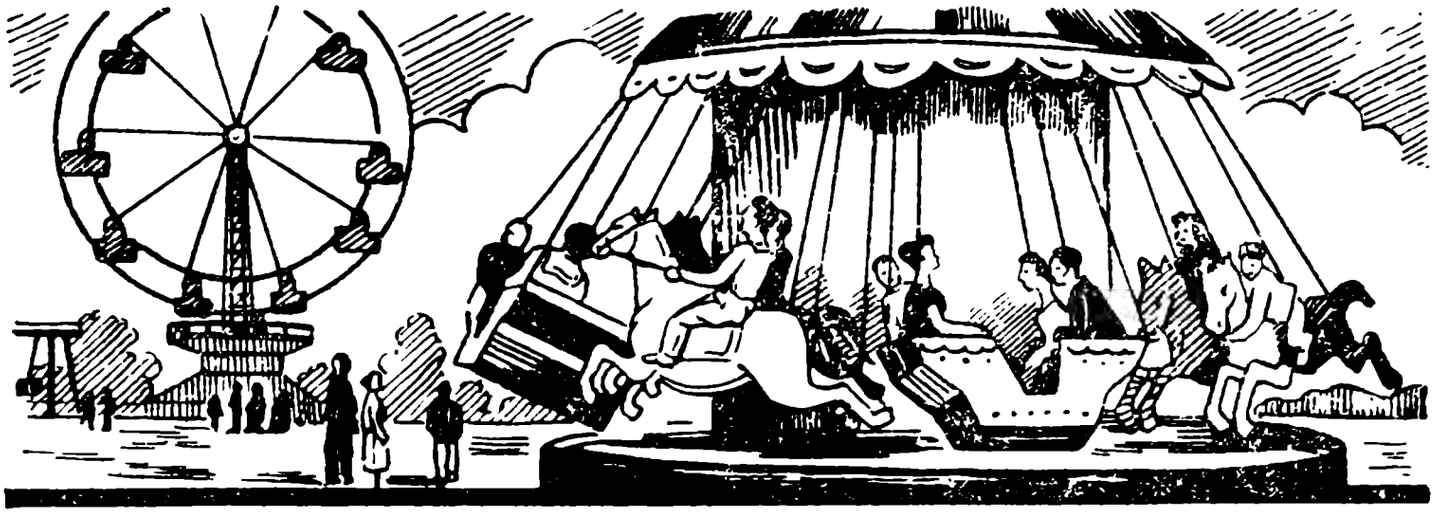


Figura 38 — Reprezentarea unui ostaș egiptean din antichitate, care lansează bumerangul.

(fig. 37, jos). După mai multe exerciții putem face ca un astfel de bumerang să descrie în aer niște curbe complexe și să se înapoieze la locul de unde a fost lansat.

În concluzie, menționăm că bumerangul nu constituie, după cum se obișnuiește să se creadă, particularitatea exclusivă a armelor locuitorilor Australiei. El este folosit în diferite regiuni ale Indiei și, judecînd după rămășițele picturii murale, a constituit cîndva arma obișnuită a ostașilor asirieni (fig. 38). În Egipt și în Nubia antică, bumerangul era de asemenea cunoscut. Singura trăsătură caracteristică a bumerangului australian este curbura lui în spirală. Iată de ce bumerangul australian descrie niște curbe întortocheate și, în cazul loviturii greșite, se înapoiază la picioarele celui care l-a lansat.



Capitolul 4

ROTAȚIA. PERPETUUM MOBILE

CUM PUTEM DEOSEBI UN OU FIERT DE UNUL CRUD?

Cum să procedăm cînd trebuie să constatăm, fără a sparge coaja oului, dacă acesta este fiert sau crud? Cunoașterea mecanicii vă va ajuta să ieșiți cu succes din această mică încurcătură.

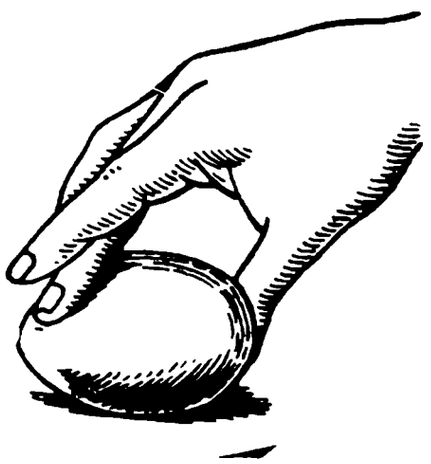


Figura 39 — Cum să rotim oul.

Trebuie să știm că ouăle fierte se rotesc altfel decît cele crude. Tocmai de această proprietate ne putem folosi pentru rezolvarea problemei noastre. Oul respectiv se așază pe o farfurie plată și se pune în mișcare de rotație cu ajutorul a două degete (fig. 39). Oul fiert (mai ales răscopt) se rotește m u l t m a i r e p e d e ș i t i m p m a i î n d e l u n g a t decît cel crud. Oul crud, dimpotrivă, se pune chiar greu în mișcare, pe cînd oul fiert se învîrtește atît de repede, încît contururile sale se contopesc pentru ochi într-o elipsoidă albă turtită și se poate ridica singur în vîrfu-i ascuțit.

Cauza acestor fenomene constă în aceea că oul răscopt se rotește ca un tot, întreg; în oul crud însă conținutul lui lichid, necăpătînd imediat mișcarea de rotație, frînează, datorită inerției sale, mișcarea învelișului solid; el joacă rolul de frînă.

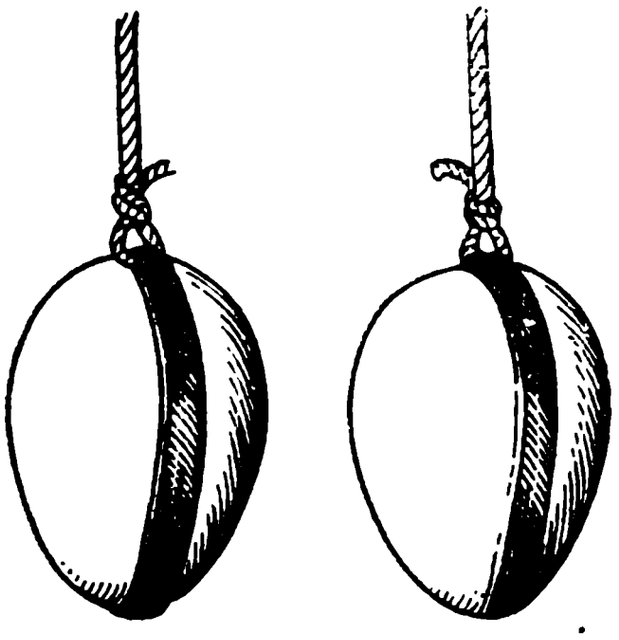


Figura 40 — Cum putem deosebi un ou fiert de unul crud observînd rotirea lor în stare suspendată.

Ouăle fierte se deosebesc de cele crude și atunci cînd se opresc în mișcarea lor de rotire. Dacă atingem cu degetul oul fiert care se învîrtește, el se oprește i m e d i a t. Oul crud însă oprindu-se pentru o clipă, se va mai roti puțin după ce îndepărtăm mîna. Aceasta se întîmplă tot datorită inerției : masa lichidă din interiorul oului crud continuă să se miște chiar după ce învelișul solid a intrat în repaus; conținutul oului răscopt însă se oprește simultan cu învelișul exterior.

Aceeași experiență poate fi făcută și altfel. Încercuiți cele două ouă cu brățări de elastic „pe meridian" și suspendați-le de două sfori egale (fig. 40). Răsuciți de un număr de ori egal și lăsați ouăle să atîrne liber. Deosebirea dintre oul crud și cel fiert va deveni imediat evidentă. Revenind la poziția inițială oul fiert va începe să răsucească sfoara datorită inerției în sensul opus, desfăcînd-o apoi din nou și aceasta de cîteva ori, reducîndu-se treptat numărul de rotiri. Oul crud însă se va răsuci o dată, de două ori și se va opri cu mult înaintea oului fiert, mișcările lui fiind frînate de conținutul lichid.

„DIVANUL FERMECAT"

Deschideți o umbrelă, sprijiniți-o cu vîrful de podea și rotiți-o cu ajutorul mînerului; nu vă va fi greu să-i imprimați o mișcare de rotație destul de rapidă. Aruncați acum în inte-

riorul umbrelei o minge sau un ghem de hîrtie; obiectul respectiv nu va rămîne în umbrelă, ci va fi aruncat din ea de ceea ce se obișnuiește a fi numit în mod incorect „forța centrifugă“ și ceea ce în realitate nu este alceva decît o manifestare a inerției. Mingea nu este aruncată în direcția razei, ci în cea a tangentei la traseul mișcării circulare.

Pe acest efect al mișcării de rotație se bazează construcția „divanului fermecat“, care constituie un mod original de distracție (fig. 41) și care poate fi văzută, de exemplu, prin parcurile de distracții. Aici vizitatorii au ocazia de a încerca pe proprie piele acțiunea inerției. Publicul se așază pe o suprafață rotundă, în picioare, șezînd, culcați, cum dorește fiecare. Un motor ascuns sub această suprafață o rotește lin în jurul axului vertical, întîi încet, apoi tot mai repede, mărindu-i treptat viteza. Atunci sub acțiunea inerției, toți cei aflați pe platformă încep să lunece spre marginile ei. La început această mișcare se observă puțin, dar, pe măsură ce „pasagerii“ se depărtează de centru și nimeresc pe circumferințe cu raze tot mai mari, viteza și, prin urmare, inerția mișcării se

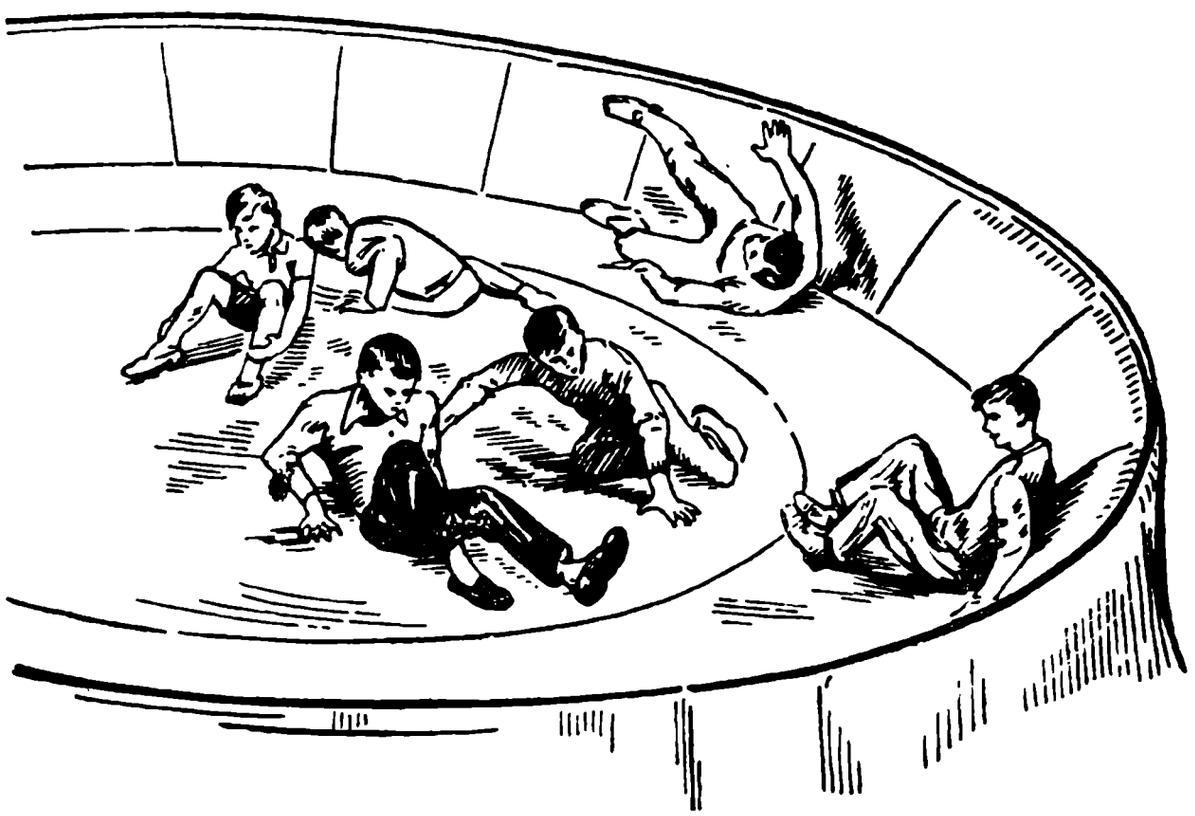


Figura 41 — Oamenii sînt aruncați dincolo de marginile discului rotitor.

manifestă tot mai vizibil. Nici un fel de eforturi depuse pentru a rămîne pe loc nu dau rezultate și oamenii sînt aruncați de pe „roata rîsului“.

În esență, globul pămîntesc este tot o asemenea roată, însă de dimensiuni uriașe. Desigur, Pămîntul nu ne aruncă de pe el, dar ne reduce totuși greutatea. La ecuator, unde viteza de rotație este maximă, reducerea de greutate care rezultă ajunge pînă la a 1/300 parte. Iar împreună cu o altă cauză (turtirea Pămîntului), greutatea fiecărui corp la ecuator scade, în general, cu o jumătate de procent (adică cu 1/200), astfel încît un om matur cîntărește la ecuator aproximativ cu 300 g mai puțin decît la pol.

VÎRTEJURI DE CERNEALĂ

Străpungeți centrul unui disc, decupat dintr-un carton alb neted, cu un băț de chibrit ascuțit la un capăt; veți obține sfîrleaza reprezentată în figura 42 (stînga) în mărime naturală. Pentru a forța discul să se rotească sprijinit pe vîrful ascuțit

Figura 42 — Cum se împrăștie picăturile de cerneală pe un disc de hîrtie aflat în mișcare de rotație.

al bățului de chibrit, nu este nevoie de prea multă dibăcie; este suficient să răsucim chibritul între degete și să lansăm repede sfîrleaza pe o suprafață plană.

Cu ajutorul unei astfel de sfîrleze se poate face o experiență foarte instructivă. Înainte de a pune sfîrleaza în mișcare picurați pe partea de sus a discului cîteva picături mici de cerneală. Faceți să se rotească sfîrleaza înainte ca picăturile de cerneală să se usuce. Cînd ea se va opri, veți constata că fiecare pată de cerneală s-a scurs, formînd o linie în spirală, iar toate aceste spirale laolaltă dau impresia unui vîrtej.

Asemănarea cu vîrtejul nu este întîmplătoare. Ce sînt, de fapt, spiralele de cerneală de pe discul de carton? Ele sînt urmele pe care le-au lăsat în deplasarea lor picăturile de cerneală. Ele suferă același efect ca și omul care s-a instalat pe „divanul fermecat". Depărtîndu-se de centru sub acțiunea forței centrifuge, picătura nimerește în acele regiuni ale discului unde viteza circulară este mai mare decît viteza de deplasare a picăturii. În aceste regiuni, discul lunecă de sub picătură, luîndu-i-o înainte. Lucrurile se petrec ca și cum picătura ar fi în întîrziere față de disc, rămînînd în urma razei respective a acestuia. De aceea drumul parcurs de ea se curbează și pe disc vedem urmele unei mișcări curbilinii.

Același lucru se petrece cu fluxurile de aer care diverg de la regiunile de înaltă presiune a atmosferei (în „anticicloane") sau care converg spre locurile de joasă presiune (în „cicloane"). Spiralele de cerneală sînt o imagine în miniatură a uriașelor vîrtejuri de aer.

PLANTA AMĂGITĂ

Dacă mișcarea de rotație este rapidă, atunci efectul centrifug poate atinge o valoare atît de mare, încît depășește acțiunea forței de gravitație.

Iată o experiență interesantă care arată ce forță centrifugă mare se dezvoltă la rotirea unei roți obișnuite. Știm că o plantă tînără își îndreaptă întotdeauna tulpina în partea opusă sensului forței de gravitație, adică crește în sus. Dacă însă facem în așa fel încît semințele să încolțească pe janta unei roți care

se rotește repede, așa cum a făcut pentru prima dată botanistul englez Knight cu peste o sută de ani în urmă, vom observa un fenomen uimitor: rădăcinile tinerelor mlădițe vor fi îndreptate în afară, iar tulpinile spre interior, de-a lungul razelor roții (fig. 43).

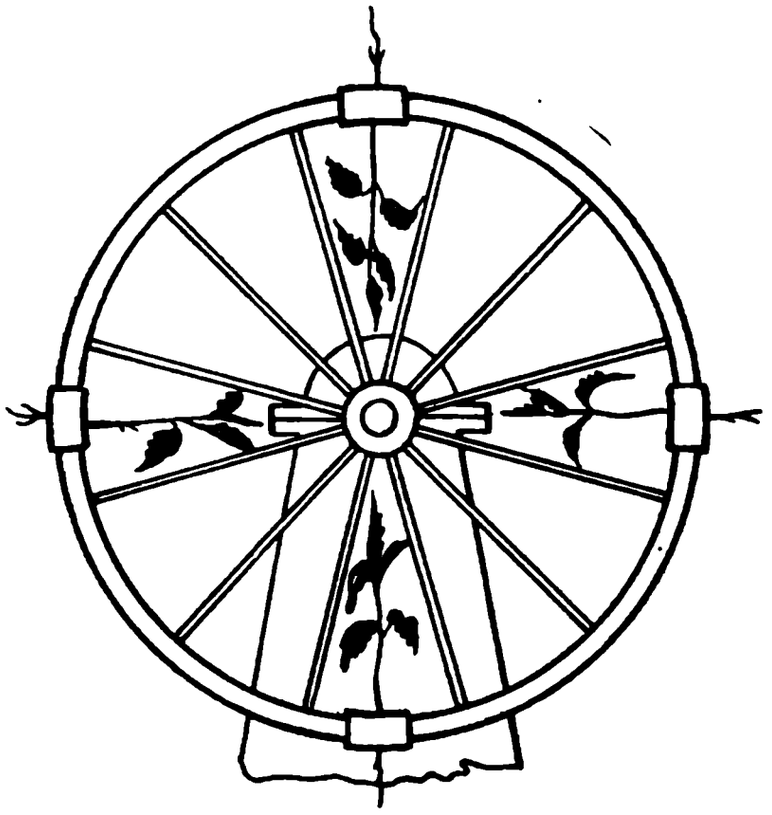


Figura 43 — Grăunțe de bob crescute pe janta unei roți aflate în mișcare de rotație. Tulpinile sînt îndreptate spre osie, iar rădăcinile spre exterior.

Pur și simplu am amăgit planta: în locul forței de gravitație am silit-o să se supună acțiunii unei alte forțe, care este îndreptată dinspre centrul roții în afară. Și întrucît planta își îndreaptă tulpina întotdeauna în sens opus forței de gravitație, în cazul de față ea și-a îndreptat tulpina spre interiorul roții, dinspre jantă spre axa acesteia. Forța de gravitație artificială pe care am creat-o s-a dovedit mai puternică decît cea naturală [1] și tînăra plantă a crescut sub acțiunea ei.

PERPETUUM MOBILE

Despre *perpetuum mobile*, „mișcarea veșnică", se vorbește adesea atît la propriu, cît și la figurat, dar nu toți își dau seama ce anume trebuie să se subînțeleagă prin această noțiune. Perpetuum mobile este un astfel de mecanism imaginar care se mișcă prin el însuși fără oprire și care, în afară de aceasta, mai efectuează și un oarecare lucru util (de exemplu ridică greutăți). Nimeni nu a putut construi un asemenea mecanism,

1 Concepția modernă asupra naturii forței de gravitație nu vede, de altfel, aici nici o deosebire de principiu.

deşi încercări de realizare au fost făcute încă din vremuri îndepărtate. Inutilitatea acestor încercări a dus la convingerea fermă că realizarea unui *perpetuum mobile* este imposibilă şi la formularea legii conservării energiei, una dintre legile fundamentale ale ştiinţei moderne. În ceea ce priveşte mişcarea veşnică, prin ea se subînţelege o mişcare perpetuă, fără efectuarea unui lucru.

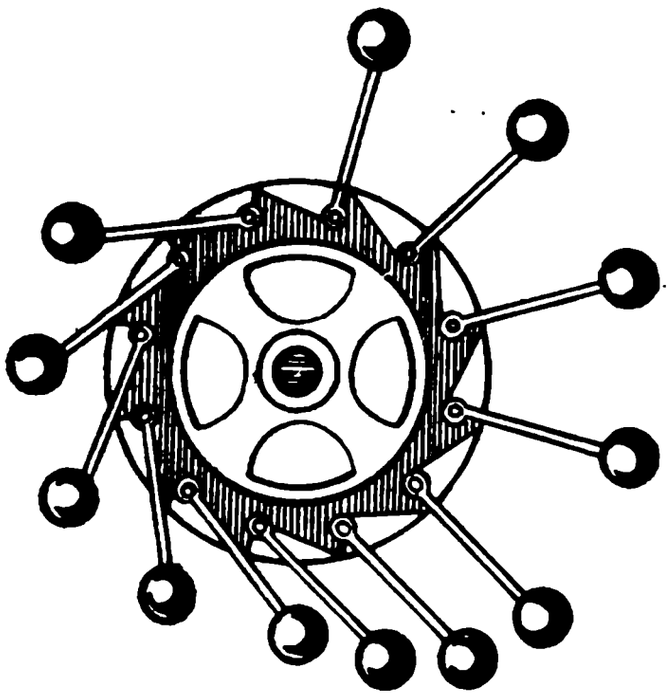


Figura 44 — Roata „perpetuum mobile" imaginară, inventată în evul mediu.

În figura 44 este reprezentat un mecanism automotor imaginar, care este unul dintre cele mai vechi proiecte de *perpetuum mobile* şi care mai este reluat uneori şi astăzi de către unii adepţi fanatici ai acestei idei. La marginea roţii sînt articulate nişte tije mobile cu greutăţi la capăt. Oricare ar fi poziţia roţii, greutăţile din partea dreaptă vor fi mai depărtate de centru decît cele din stînga, deci această jumătate trebuie totdeauna să depăşească în forţă partea stîngă şi să silească astfel roata să se rotească. Prin urmare, roata ar trebui să se rotească veşnic sau cel puţin pînă în momentul cînd i se va roade axul . Aşa a crezut inventatorul. Dar dacă construim un astfel de motor, el nu se va roti. De ce oare calculele inventatorului au dat greş?

Iată de ce: deşi greutăţile din partea dreaptă sînt totdeauna mai depărtate de centru, totuşi este inevitabilă poziţia în care numărul acestor greutăţi este mai mic decît cel din stînga. Priviţi desenul din figura 44: în dreapta nu sînt decît 4 greutăţi, iar în stînga 8. Se constată că întregul sistem se echilibrează; este firesc ca roata să nu se învîrtească, ci, după cîteva oscilaţii, să se oprească în această poziţie [1].

În prezent s-a demonstrat pe deplin faptul că nu poate fi construit nici un mecanism care să se mişte prin el însuşi şi

---

1 Mişcarea unui astfel de sistem se descrie cu ajutorul aşa-numitei teoreme a momentelor.

să mai și execute un lucru oarecare. Munca depusă pentru realizarea unui astfel de mecanism este cu totul zadarnică. În trecut, mai ales în evul mediu, oamenii își băteau capul căutînd rezolvarea acestei probleme și au consumat mult timp și eforturi pentru inventarea unui *perpetuum mobile*. Realizarea unui astfel de motor apărea chiar mai ispititoare decît arta de a face aur din metale ieftine.

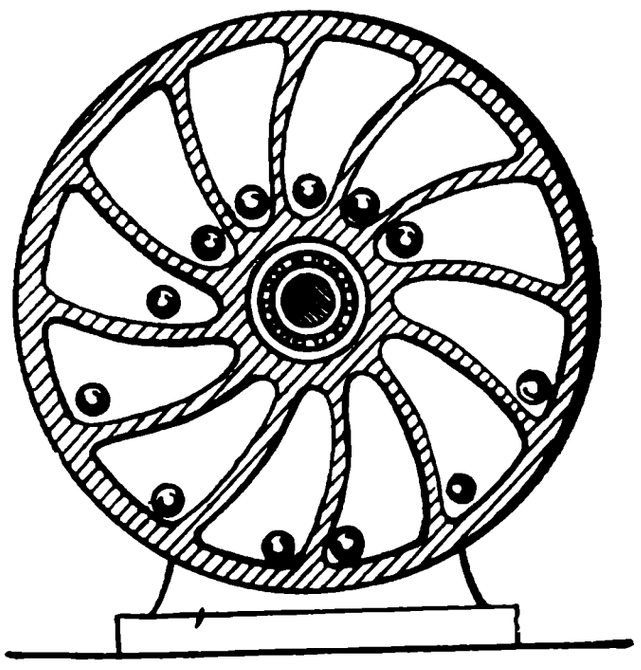


Figura 45 — Un „perpetuum mobile" imaginar, cu bile mobile.

Pușkin, în *Scene din vremuri cavalerești*, vorbește despre un astfel de visător, întruchipat în persoana lui Berthold:

„— Ce este *perpetuum mobile*? a întrebat Martin.

— Perpetuum mobile, i-a răspuns Berthold, este mișcarea veșnică. Dacă voi găsi mișcarea eternă, atunci creația omenirii nu va mai avea limite.... Vezi, dragul meu Martin! Să creezi aur este ceva cît se poate de ispititor, ar fi, poate, o descoperire interesantă și avantajoasă, dar să inventezi perpetuum mobile.. O! ....."

Au fost inventate sute de *perpetuum mobile*, dar nici unul din ele nu se mișca. În fiecare caz, ca și în exemplul nostru, inventatorul scăpa din vedere o împrejurare oarecare care-i distrugea apoi planurile.

Iată încă un model de *perpetuum mobile*; o roată cu bile grele (fig. 45). Inventatorul și-a închipuit că bilele dintr-o parte a roții, găsindu-se mereu mai aproape de margine, vor sili prin greutatea lor ca roata să se miște.

Desigur că acest lucru nu va avea loc din același motiv care a fost expus atunci cînd am prezentat roata din fig. 44. Totuși, într-unul din orașele americane a fost realizată, în scopul de a face reclama unei cafenele, o roată uriașă de acest gen (fig. 46).

Desigur că acest *perpetuum mobile* era pus în mișcare de un alt mecanism, mascat cu grijă, astfel încît trecătorilor li se părea că roata se învîrtește datorită bilelor grele care se rostogoleau în locașurile lor. Într-o vreme, în vitrinele unor cea-

sornicării puteau fi văzute și alte modele de *perpetuum mobile* de acest gen, menite să atragă atenția publicului: ele toate erau puse în mișcare de curentul electric.

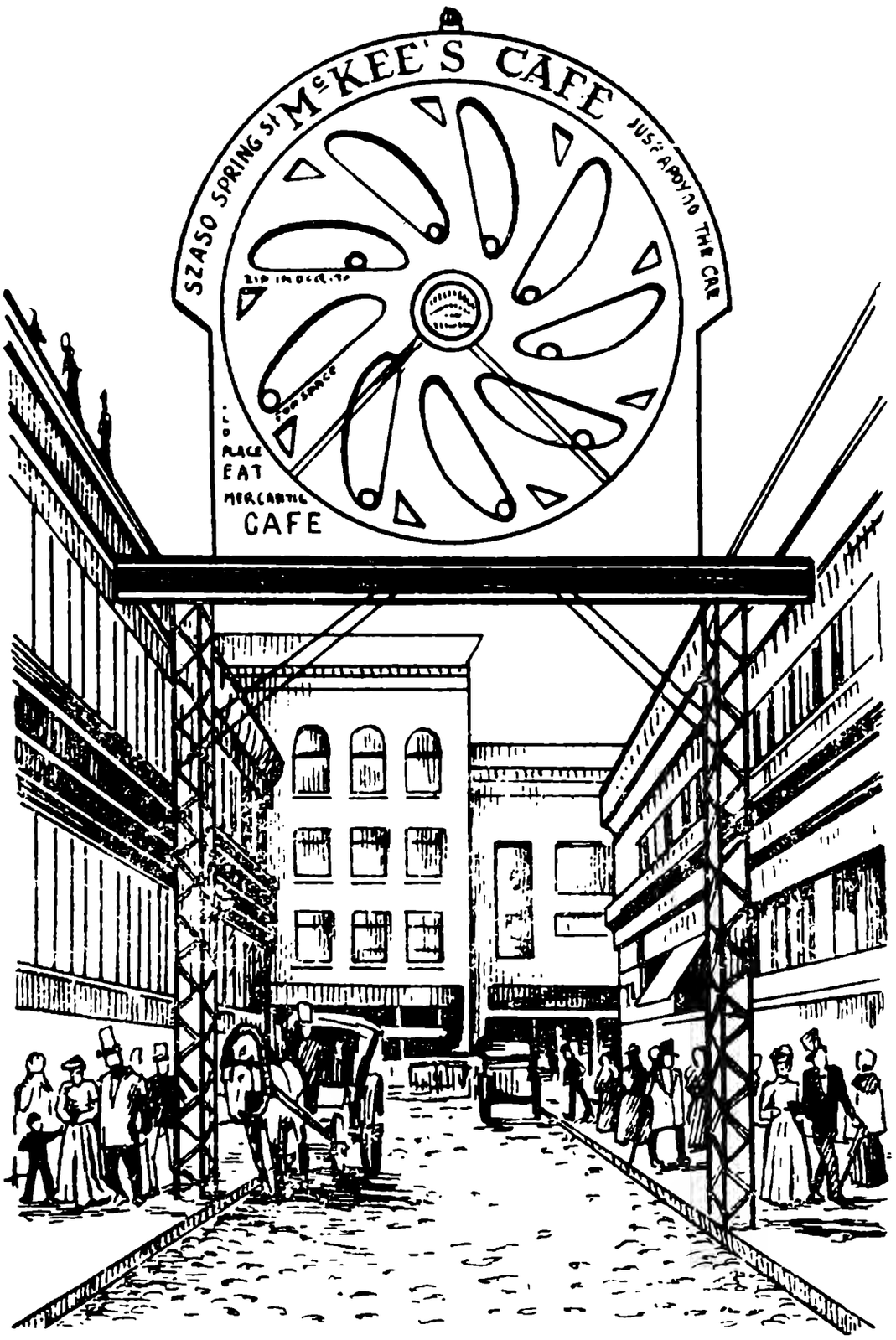


Figura 46 — „Perpetuum mobile" imaginar din orașul Los Angeles (California), construit în scopul reclamei.

O dată un astfel de *perpetuum mobile* de reclamă mi-a dat multă bătaie de cap. Elevii mei, muncitori, au fost atît de impresionați de el, încît au rămas insensibili față de toate demonstrațiile mele menite să arate imposibilitatea de a cons-

trui un *perpetuum mobile*. Bilele care, rostogolindu-se, puneau în mişcare roata erau pentru ei o dovadă mai puternică decît toate demonstraţiile mele; ei nu voiau să creadă că minunea mecanică aparentă este pusă în mişcare de curentul electric al reţelei urbane. Mi-a venit în ajutor faptul că pe atunci în zilele de sărbătoare curentul era întrerupt. Ştiind acest lucru, mi-am sfătuit elevii să viziteze vitrina într-o astfel de zi. Ei mi-au ascultat sfatul.

— Ei, aţi văzut motorul? i-am întrebat eu.

— Nu, mi-au zis ei ruşinaţi. Nu l-am văzut: era acoperit cu o hîrtie...

De atunci au început din nou să creadă în legea conservării energiei şi nu au mai pierdut această încredere.

„*CLENCIUL*“

Mulţi au fost inventatorii autodidacţi ruşi care au muncit la rezolvarea problemei atît de ispititoare a unui *perpetuum mobile*. Pe unul dintre ei, ţăranul Alexandr Şceglov din Siberia, l-a descris M.E. Şcedrin, în povestirea sa *O idilă contemporană*, sub numele de „mic-burghezul Prezentov“. Iată ce spune Şcedrin despre vizitarea atelierului acestui inventator:

„Cetăţeanul Prezentov era un om în jur de treizeci şi cinci de ani, slab, palid, cu ochii mari şi gînditori şi cu părul lung, care-i cobora în şuviţe drepte pe umeri. Coliba lui era destul de spaţioasă, dar jumătate din ea era ocupată de un volant uriaş, astfel încît numai cu greu ne-am putut găsi cu toţii cîte un locuşor. Volantul avea spiţe, iar obada, destul de voluminoasă, era construită sub forma unei lăzi goale în interior. În acest gol era plasat mecanismul care constituia secretul inventatorului. Desigur că secretul nu era cine ştie ce complicat: erau un fel de saci umpluţi cu nisip, care trebuiau să se echilibreze reciproc. Una dintre spiţe era străpunsă de un băţ care imobiliza roata.

— Noi am auzit că aţi aplicat legea mişcării eterne în practică, am zis eu.

— Nu ştiu ce să spun, a răspuns el intimidat; s-ar părea, ca şi cum ....

— Îmi dați voie să văd?

— Cu plăcere! Mă simt onorat ....

Ne-a invitat să ne apropiem de roată, apoi s-o ocolim. Am constatat că și în față și în spate era roată.

— Se învîrtește?

— Se pare că ar trebui să se învîrtească. Face, se pare, nazuri ...

— Îi putem scoate piedica?

Prezentov a scos bățul : roata nici nu s-a mișcat.

— Face nazuri! a repetat el, îi trebuie un impuls.

A apucat obada cu ambele mîini, a rotit-o de cîteva ori în sus și în jos și, în sfîrșit, i-a dat un impuls puternic: roata a început să se învîrtească. A făcut cîteva ture destul de repede și de lin (se auzea totuși cum în interiorul obezii sacii cu nisip se mișcau și ei), iar apoi și-a încetinit tot mai mult mișcarea; un scrîșnet, un scîrțîit și roata s-a oprit.

— Un clenci, prin urmare, ne-a explicat rușinat inventatorul, și i-a mai dat un impuls roții. Dar și a doua oară totul s-a repetat.

— Poate nu ați ținut seama de frecare?

— Și de frecare am ținut seama... Dar ce contează frecarea? Nu e din cauza frecării, ci așa ... Uneori parcă se hotărăște să mă bucure, iar apoi deodată ... face nazuri, se încăpățînează și gata. Ei, dacă roata ar fi fost făcută din material adecvat și nu din deșeuri!"

Desigur că aici nici nu poate fi vorba despre un „clenci" sau despre „material neadecvat", ci de faptul că însăși ideea care a stat la baza construirii mecanismului era falsă. Roata era pusă în mișcare prin impulsul dat de inventator, dar se oprea îndată ce energia comunicată dinafară era consumată prin frecare.

FORȚA PRINCIPALĂ E ÎN BILE

Despre un alt inventator rus de *perpetuum mobile*, țăranul Lavrentie Goldîrev din Perm (decedat în 1884), ne povestește scriitorul Karonin (N. E. Petropavlovski). El îl descrie în povestirea sa *Perpetuum mobile*, sub numele de Pîhtin. Inven-

ţia acestui autodidact este descrisă destul de amănunţit de literatul care-l cunoştea personal pe Goldîrev:

„În faţa noastră se afla o maşină stranie de dimensiuni mari, asemănătoare la prima vedere cu masa pe care se potcovesc caii; se vedeau stîlpi prost neteziţi, traverse şi un întreg sistem de roţi volante şi dinţate; toate acestea erau greoaie, grosolane, dizgraţioase. Jos, lîngă maşină, zăceau nişte bile de fontă; o grămadă de astfel de bile era ceva mai deoparte.

— Ea e? a întrebat administratorul.

— Ea e.

— Şi cum, se învîrteşte?

— Desigur, se învîrteşte .....

— Dar ce, ai cal ca s-o învîrteşti?

— Ce să fac cu calul? Ea singură se învîrteşte, a răspuns Pîhtin şi a început să demonstreze construcţia monstrului.

Rolul principal le revenea bilelor de fontă, care erau aruncate aici grămadă.

— Forţa principală e în aceste bile ... Priviţi: întîi se loveşte aici ... apoi zboară şuierînd, asemenea unui fulger, prin acest jgheab, de aci este prinsă de cupă şi-i aruncată în viteză nebună pe roata aceea şi iar o împinge bine, adică atît de bine încît începe să zumzăie .... Şi cît zboară această bilă, acolo alta deja îşi face treaba .... Acolo ea deja zboară iar şi ... bang! aici. De aici iar o ia prin jgheab ... se aruncă în cupă, sare pe acea roată şi dă-i! Şi tot aşa. Iată cum stă treaba... Iată că-i dau drumul ....

Pîhtin se agita prin încăpere, adunînd bilele împrăştiate. În sfîrşit, îngrămădindu-le lîngă el, a luat una din ele în mînă şi a aruncat-o într-una din cupele roţii, apoi repede alta, a treia... A început o simfonie de nedescris: bilele loveau cupele de fier, lemnul roţilor scîrţîia, stîlpii gemeau. Un şuierat infernal, zumzet, scrîşnet au umplut de îndată încăperea sumbră...“

Scriitorul afirmă că maşina lui Goldîrev funcţiona. Aici el se face vinovat de o evidentă inexactitate. Rotirea era posibilă doar atît timp cît sferele, care fuseseră ridicate în sus, erau în cădere; în acest timp ele puteau mişca roata asemenea greutăţilor unui ceas de perete, în contul energiei acumulate în sfere atunci cînd ele au fost ridicate în sus. Dar o astfel de mişcare nu putea dura decît un timp scurt; îndată ce toate sferele vor cădea „rostogolindu-se“ în cupele

de jos, mașina se va opri, și aceasta doar dacă ea nu se va opri și mai devreme, fiind frînată de contraacțiunea tuturor sferelor pe care mașina mai trebuia să le ridice.

Însuși inventatorul a fost dezamăgit ulterior de creația sa, atunci cînd, expunîndu-și mecanismul la Ekaterinburg, a avut ocazia să vadă la aceeași expoziție niște mașini industriale veritabile. Fiind întrebat despre mașina inventată de el, a răspuns mohorît:

— Dă-o încolo! Dați dispoziție să fie sfărîmată și folosită ca lemne de foc...

ACUMULATORUL LUI UFIMȚEV

Cît de ușor putem cădea în eroare dacă ne formăm o idee despre „mișcarea eternă" numai după aspectul exterior, ne putem da seama examinînd așa-numitul acumulator de energie mecanică al lui Ufimțev. A. G. Ufimțev, un inventator rus din orașul Kura, a creat un nou tip de centrală energetică eoliană cu un acumulator „de inerție" ieftin, construit după principiul volantului. În 1920 Ufimțev a construit un model al acumulatorului său, care avea forma unui disc ce se rotea pe un ax vertical cu rulmenți într-un manșon din care era evacuat prin pompare aerul. Imprimîndu-i-se o mișcare de rotație cu 20 000 de ture pe minut, discul își conserva mișcarea timp de 15 zile! Privind arborele unui astfel de disc, care-și continua mișcarea zile de-a rîndul fără a primi energie de afară, un observator superficial ar putea conchide că în fața lui se află întruchiparea reală a unui *perpetuum mobile.*

O MINUNE CARE NU E MINUNE

Goana deznădăjduită după *perpetuum mobile* i-a făcut pe mulți oameni să devină profund nefericiți. Eu l-am cunoscut pe un muncitor care-și cheltuia întregul cîștig și toate

economiile pentru construirea unui astfel de motor. Sărmanul om a ajuns victima ideii lui nerealizabile. Prost îmbrăcat, totdeauna flămînd, era în veşnică căutare de mijloace care să-i permită construirea „modelului definitiv", care de această dată „se va mişca negreşit". Era trist să-ţi dai seama că omul acesta îndura lipsuri atît de mari numai pentru că nu cunoştea bazele elementare ale fizicii.

Este interesant de semnalat faptul că, dacă căutarea unui *perpetuum mobile* a fost întotdeauna sortită eşecului, dimpotrivă înţelegerea profundă a imposibilităţii de realizare a unui astfel de motor a dus adeseori la descoperiri interesante.

Drept un excelent exemplu poate servi metoda cu ajutorul căreia savantul olandez Stevin (sfîrşitul sec. XVI şi începutul sec. XVII) a descoperit legea echilibrului forţelor pe plan înclinat. Acest matematician merită să se bucure de un renume mult mai mare decît cel care i-a revenit pentru că a făcut multe descoperiri importante de care ne folosim astăzi la tot pasul: a inventat fracţiile zecimale, a introdus în algebră folosirea indicilor, a descoperit legea hidrostaticii, redescoperită mai tîrziu de Pascal.

El a descoperit legea echilibrului forţelor pe un plan înclinat, fără a avea la bază regula paralelogramului forţelor, folosindu-se exclusiv de desenul reprezentat aici (fig. 47). Pe deasupra unei prisme dreptunghiulare trece un lanţ format din 14 sfere identice. Ce se va întîmpla cu acest lanţ? Partea de jos, care atîrnă ca o ghirlandă, se echilibrează de la sine. Dar celelalte două părţi ale lanţului se echilibrează oare? Cu alte cuvinte: oare cele două sfere din dreapta sînt ţinute în echilibru de celelalte patru din stînga? Desigur că da, pentru că în caz contrar lanţul ar luneca veşnic de la sine dinspre dreapta spre stînga, pentru că locul sferelor care ar luneca ar fi luat de fiecare dată de alte sfere şi astfel echilibrul nu s-ar mai stabili niciodată. Deoarece însă

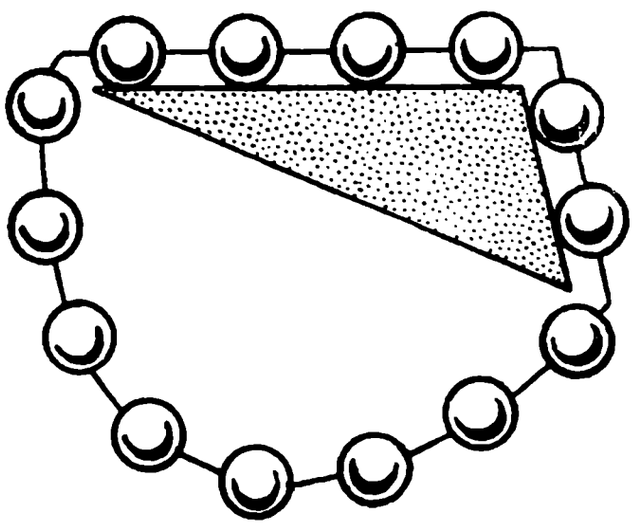


Figura 47 — „O minune care nu e minune."

știm că lanțul așezat astfel nu se deplasează de la sine, este evident că primele două sfere sînt ținute într-adevăr în echilibru de cele patru din stînga. E un fel de minune: două sfere exercită tot atîta forță cît patru!

Din această minune aparentă, Stevin a dedus o importantă lege a mecanicii. El a raționat în felul următor. Ambele părți ale lanțului, cea lungă și cea scurtă, au greutăți diferite; una din ele este mai grea decît cealaltă de atîtea ori de cîte ori latura lungă a prismei este mai lungă decît latura scurtă a ei. De aici decurge că, în general, două greutăți legate între ele cu un șnur se echilibrează reciproc pe planuri înclinate dacă greutățile lor sînt proporționale cu lungimile acestor plane.

În cazul particular cînd planul scurt este perpendicular, atunci obținem o cunoscută lege a mecanicii: pentru a menține un corp pe un plan înclinat, trebuie să acționăm în direcția acestui plan cu o forță care este de atîtea ori mai mică decît greutatea corpului de cîte ori lungimea planului este mai mare decît înălțimea lui.

Astfel, pornind de la ideea imposibilității realizării unui *perpetuum mobile*, s-a făcut o descoperire importantă în domeniul mecanicii.

ALTE PERPETUUM MOBILE

În figura 48 vedeți un lanț greu trecut astfel peste roți, încît în orice poziție jumătatea lui din dreapta să fie mai lungă decît cea din stînga. Prin urmare, își zicea inventatorul această parte a lanțului fiind mereu mai grea va cădea mereu și va pune în mișcare întregul mecanism. Avea el oare dreptate?

Desigur că nu. Am văzut ceva mai sus că un lanț greu poate fi echilibrat de unul mai ușor dacă asupra lor forțele

acţionează sub unghiuri diferite. În mecanismul despre care vorbim, lanţul cade vertical în stînga, pe cînd în partea dreaptă are o poziţie înclinată; de aceea, deşi partea din dreapta este mai grea, ea totuşi nu antrenează după sine partea mai uşoară a lanţului.

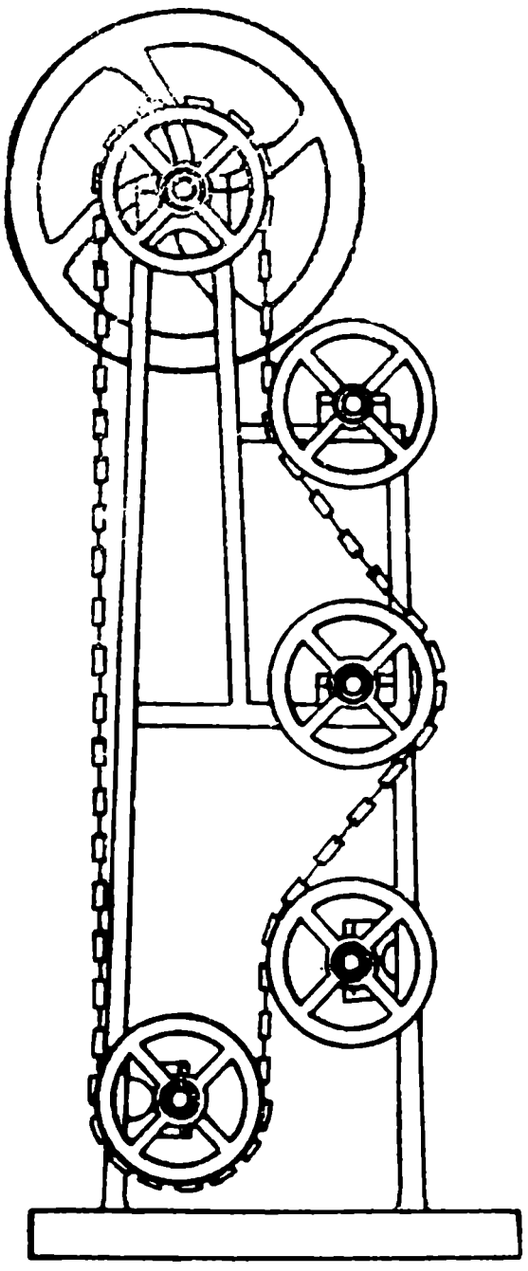


Figura 48 — Este oare aceasta un „perpetuum mobile"?

Pare-se că soluţia cea mai inteligentă a adoptat-o inventatorul care şi-a prezentat un *perpetuum mobile* în deceniul al şaselea al secolului trecut la expoziţia din Paris. Motorul era constituit dintr-o roată mare în care se rostogoleau nişte bile. Inventatorul afirma că nimeni nu poate opri mişcarea roţii. Vizitatorii au încercat s-o oprească, dar ea îşi reîncepea rotirea imediat ce ridicau mîna de pe ea. Nimănui nu i-a venit în minte că roata se mişca tocmai datorită eforturilor pe care vizitatorii le depuneau pentru a o opri; împingînd-o înapoi, ei întorceau arcul unui mecanism ascuns cu multă abilitate...

PERPETUUM MOBILE DIN TIMPUL LUI PETRU I

S-a păstrat corespondenţa pe care a purtat-o, între anii 1715 şi 1722, Petru I cu privire la achiziţionarea din Germania a unui *perpetuum mobile* inventat de un oarecare doctor Orffyreus. Inventatorul care datorită „roţii" sale „automotoare" devenise cunoscut în întreaga Germanie, se învoise să-i vîndă ţarului această maşină, cerîndu-i pe ea o sumă

imensă de bani. Savantul bibliotecar Schuhmacher, trimis de Petru în Occident pentru achiziționarea obiectelor rare, i-a comunicat lui Petru I următoarele:

„Ultimul cuvînt al inventatorului a fost: veți pune de o parte 100 000 de efimoci[1], iar de partea cealaltă vă voi așeza mașina".

După spusele bibliotecarului, inventatorul spunea despre mașina sa: „Ea este sigură și nimeni nu poate afirma contrarul decît cel mult din răutate, iar lumea întreagă este plină de oameni răi, în care este imposibil să te încrezi".

În ianuarie 1725, Petru intenționa să plece în Germania pentru a examina personal acest *perpetuum mobile* despre care se vorbea atît de mult, dar moartea țarului a împiedicat realizarea acestei intenții.

Cine era acest misterios doctor Orffyreus și ce reprezenta oare această „mașină minunată"? Am reușit să culeg informații care au dat răspuns la ambele întrebări.

Adevăratul nume al lui Orffyreus a fost Bessler. El s-a născut în Germania în 1680, a studiat teologia, medicina, pictura și, în sfîrșit, s-a ocupat de construirea unui *perpetuum mobile*. Din miile de inventatori, Orffyreus este cel mai cunoscut și pare-se cel mai norocos. Pînă la sfîrșitul zilelor sale (a murit în 1745) el a trăit în belșug, din veniturile pe care le primea arătîndu-și mașina.

În figura 49, luată dintr-o carte veche, este reprezentată mașina lui Orffyreus, așa cum se prezenta ea în 1714. Vedeți aici o roată mare, care, pe lîngă faptul că se rotea de la sine, mai și ridica o greutate destul de mare la o înălțime considerabilă.

Vestea despre minunata invenție, pe care doctorul savant o prezenta la început numai la bîlciuri, s-a răspîndit repede prin întreaga Germanie și în curînd Orffyreus și-a găsit protectori influenți. El a trezit interesul regelui Poloniei, apoi al landgrafului din Hessen-Cassel. Acesta din urmă și-a pus castelul la dispoziția inventatorului și a supus mașina la tot felul de încercări.

Astfel, la 12 noiembrie 1717, motorul instalat într-o cameră retrasă a fost pus în funcțiune; apoi camera a fost încuiată, sigilată și lăsată sub paza vigilentă a doi grenadieri.

---

1 Un *efimoc* (*Joachimsthaler*) valora aproximativ o rublă.

Timp de paisprezece zile nimeni nu a îndrăznit nici măcar să se apropie de camera în care funcţiona misterioasa roată. Numai la 26 noiembrie sigiliile au fost rupte şi landgraful a intrat în cameră, urmat de suita sa. Şi ce i-a fost dat să vadă? Roata îşi continua mişcarea cu „o viteză neslăbită“... Maşina a fost oprită, examinată cu atenţie şi pusă din nou în mişcare. Timp de patruzeci de zile camera a rămas din nou sigilată; timp de patru zeci de zile uşa a fost păzită cu străşnicie de grenadieri. Şi cînd, la 4 ianuarie 1718, sigiliul a fost rupt, comisia de experţi a constatat că roata nu şi-a încetat mişcarea!

Landgraful nu s-a mulţumit nici cu acest rezultat: s-a făcut o a treia verificare. Motorul a fost încuiat pentru două luni încheiate. Şi totuşi, după scurgerea acestui timp el mai funcţiona încă!

Plin de admiraţie, landgraful i-a eliberat inventatorului o adeverinţă în care se menţiona că *perpetuum mobile* efectuează 50 de turaţii pe minut şi poate ridica 16 kg la o înălţime de 1,5 m; în acelaşi timp el poate pune în mişcare foalele de fierărie şi un polizor. Cu această adeverinţă inventatorul şi-a început peregrinările prin Europa.

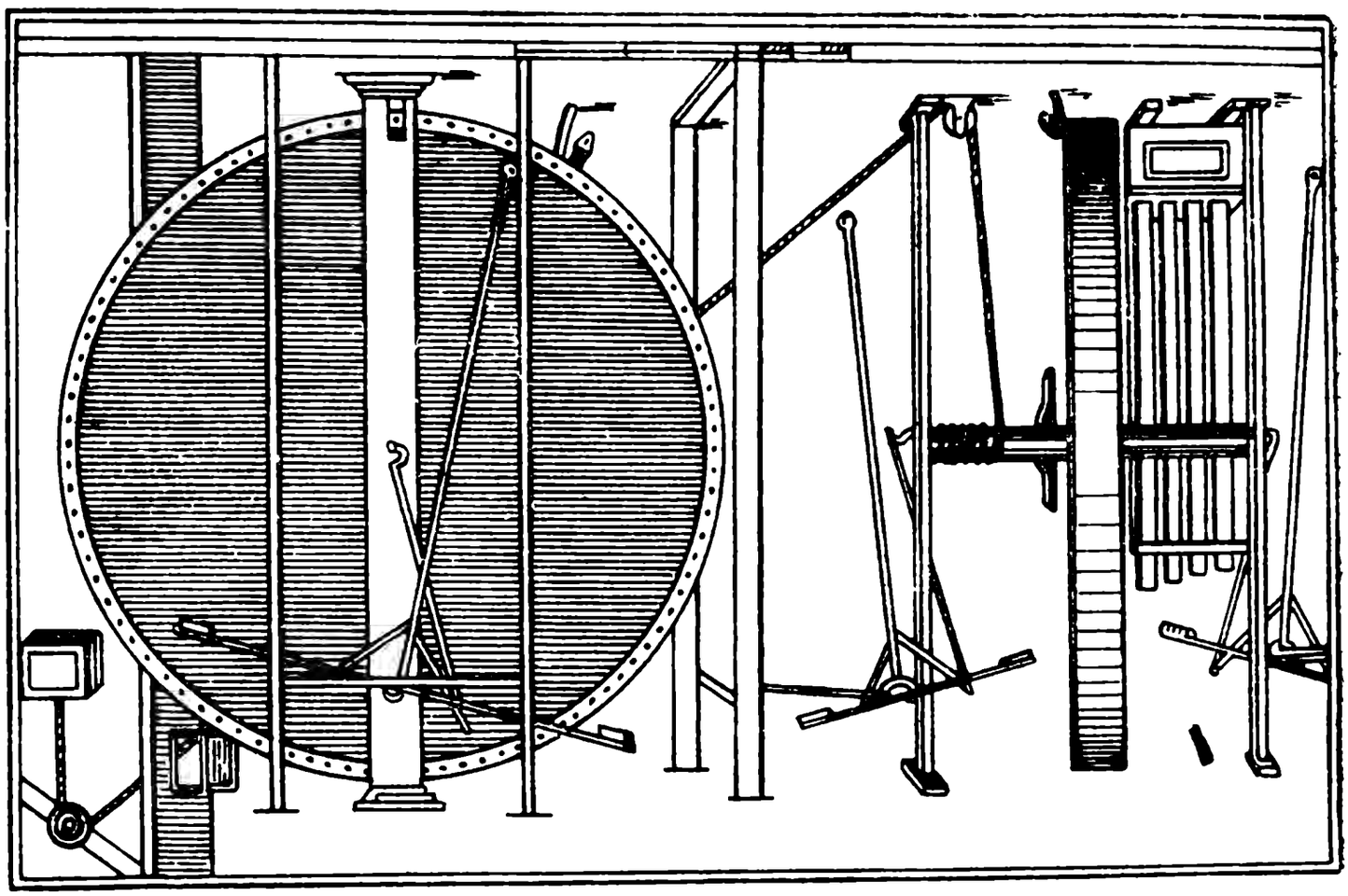


Figura 49 — Roata automotoare a lui Orffyreus, care era pe cale să o achiziţioneze Petru I. (După un desen vechi).

Probabil că cîştigul lui era mare dacă a acceptat să-şi cedeze lui Petru I maşina numai cu condiţia să i se plătească 100 000 de ruble.

Vestea acestei minunate invenţii a doctorului Orffyreus s-a răspîndit cu o mare iuţeală prin Europa, depăşind cu mult graniţele Germaniei. Ea a ajuns şi pînă la Petru I care manifesta un interes deosebit faţă de orice fel de „curiozităţi".

Petru I şi-a manifestat interesul faţă de roata lui Orffyreus încă în 1715, în timpul unei călătorii întreprinse în străinătate, şi încă de atunci el l-a însărcinat pe cunoscutul diplomat A. I. Osterman să examineze mai îndeaproape această invenţie; curînd după aceea, Osterman i-a trimis ţarului un raport amănunţit despre motor, deşi n-a reuşit încă să-l vadă. Petru intenţiona chiar să-l invite pe Orffyreus, ca pe un inventator de seamă, în serviciul său şi a dispus să se ceară despre el informaţii de la Cristian Wolf, un cunoscut filozof din acele timpuri (dascălul lui Lomonosov).

Cunoscutul inventator primea din toate părţile oferte măgulitoare. Maimarii lumii îl copleşeau cu tot felul de favoruri; poeţii compuneau ode şi imnuri în cinstea minunatei lui roţi. Dar se găseau şi răuvoitori care-l bănuiau pe inventator de o înşelătorie abilă. Se găseau oameni îndrăzneţi care-l învinuiau deschis pe Orffyreus de escrocherie; s-a făgăduit 1 000 de mărci aceluia care va descoperi în ce constă înşelătoria. Într-unul din pamfletele scrise cu un scop demascator găsim desenul reprodus în figura 50. După părerea demascatorului, secretul acestui *perpetuum mobile* consta în aceea că un om ascuns cu grijă trage de un capăt al sforii înfăşurate, într-un fel care rămîne invizibil pentru vizitator, pe acea parte a axei roţii care este mascată în stelaj.

Înşelătoria abilă a fost descoperită doar întîmplător, numai datorită faptului că savantul doctor s-a certat cu soţia şi cu servitoarea sa, care-i cunoşteau secretul. Dacă această ceartă nu ar fi avut loc, atunci noi, probabil, am fi rămas şi astăzi plini de nedumerire în ceea ce priveşte acest

perpetuum mobile care a făcut atîta vîlvă. S-a constatat că într-adevăr *perpetuum mobile* era pus în mișcare de niște oameni ascunși care trăgeau pe neobservate de un șnur subțire. Acești oameni erau fratele și servitoarea inventatorului.

Inventatorul demascat nu a vrut să recunoască nimic; pînă la moartea sa el a continuat să afirme că soția și servitoarea l-au pîrît din răzbunare. Dar încrederea în el era deja subminată. Nu este întîmplătoare afirmația sa față de Schuhmacher, trimisul lui Petru, că oamenii sînt răuvoitori și

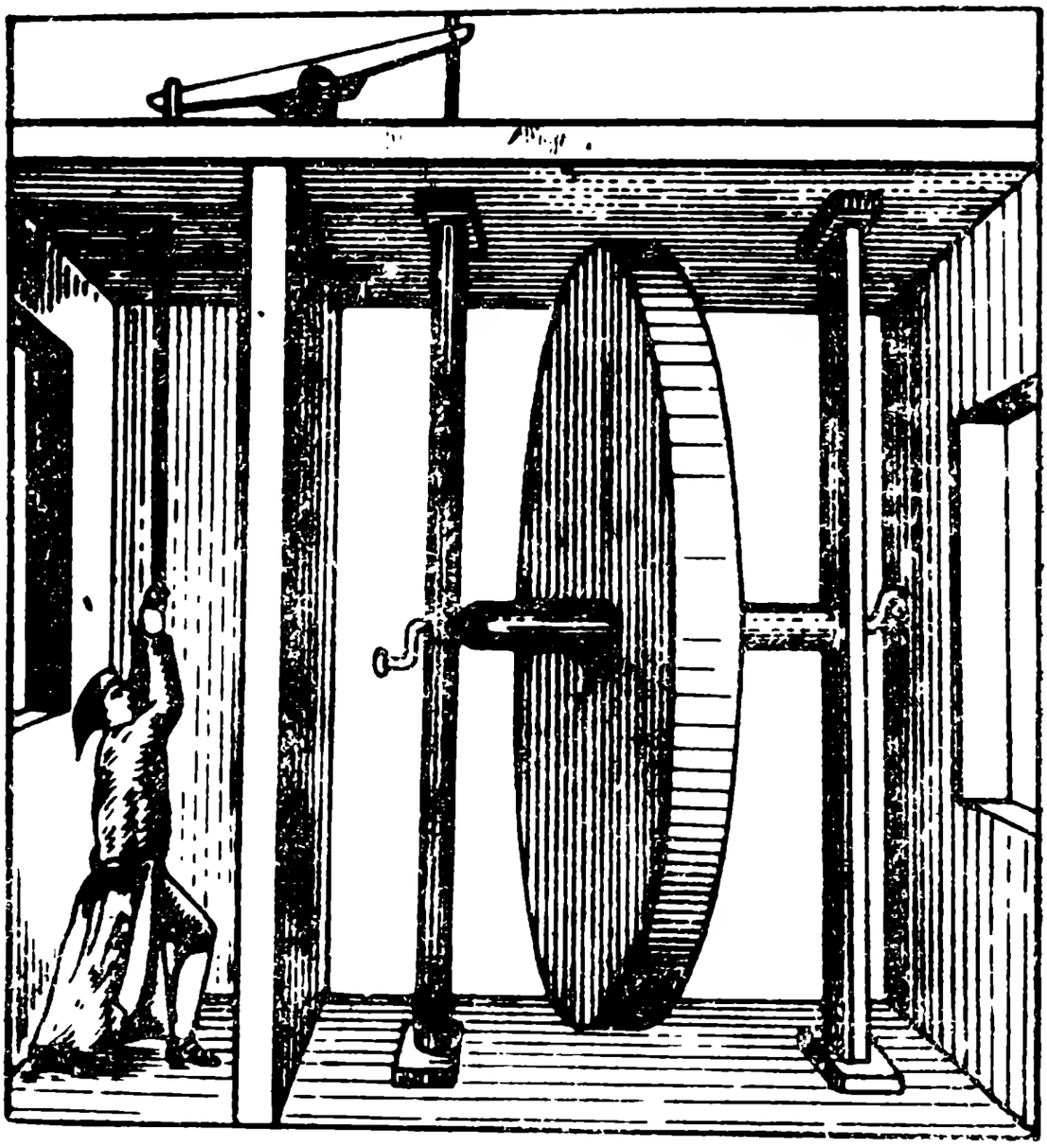


Figura 50 — Descoperirea secretului lui Orfîyreus. (După un desen vechi).

că „lumea întreagă este plină de oameni răi în care este imposibil să te încrezi".

Pe timpul lui Petru mai era bine cunoscut în Germania încă un *perpetuum mobile*, cel al unui oarecare Gertner.

Schuhmacher scria următoarele despre această mașină: „*Perpetuum mobile* al domnului Gertner, pe care l-am văzut la Dresda, este format dintr-o pînză peste care s-a așternut nisip și dintr-o mașină asemănătoare cu o piatră de polizat, care se mișcă de la sine înainte și înapoi, dar care, după spusele domnului inventator, nu poate fi făcută de dimensiuni foarte mari". Este neîndoielnic faptul că nici acest „motor" nu-și atingea scopul și, în cel mai bun caz, era un mecanism ingenios, cu un motor real, ascuns cu multă abilitate, și care era departe de a fi *perpetuum*. Schuhmacher avea deplină dreptate cînd îi scria lui Petru că francezii și englezii „nu pun nici un preț pe toate aceste *perpetuum mobile* și afirmă că ele sînt contrare principiilor matematice".

Capitolul 5

PROPRIETĂȚILE LICHIDELOR ȘI ALE GAZELOR

PROBLEMA CELOR DOUĂ CAFETIERE

Aveți în fața dumneavoastră (fig. 51) două cafetiere egale ca grosime, una dintre ele fiind însă mai înaltă decît cealaltă.

Probabil că mulți dintre dumneavoastră vor spune fără să stea pe gînduri că cea mai înaltă este mai încăpătoare. Dacă însă veți turna un lichid în ea, atunci vă veți putea da seama că-l puteți turna numai pînă la nivelul la care se găsește deschizătura ciocului ei. Dacă apa depășește acest nivel, atunci ea curge afară. Avînd în vedere faptul că nivelul la care se găsesc ciocurile celor două cafetiere este același, se constată că în cafetiera cea joasă se poate turna aceeași cantitate de lichid ca și în cea înaltă.

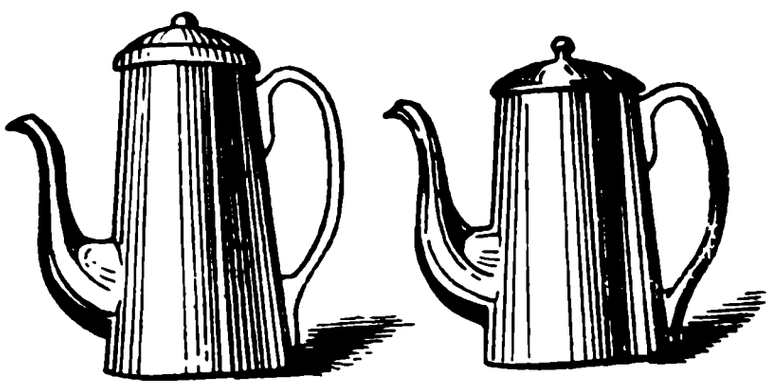


Figura 51 — În care din cele două cafetiere se poate turna mai mult lichid?

Acest lucru este evident: atît în cafetieră, cît și în ciocul ei, la fel ca în toate vasele comunicante, lichidul trebuie

să fie la același nivel, cu toate că greutatea lichidului din cioc este mult mai mică decît cea a lichidului din corpul cafetierei. Dacă însă ciocul este insuficient de înalt, atunci în nici un caz nu puteți umple cafetiera: apa se va vărsa. De obicei, ciocul cafetierei depășește chiar buza acesteia, pentru ca vasul să poată fi înclinat puțin fără a-i vărsa conținutul.

CEEA CE NU ȘTIAU OAMENII DIN ANTICHITATE

Pînă în zilele noastre, locuitorii Romei moderne folosesc rămășițele apeductelor construite încă în antichitate; sclavii romani construiau instalații de canalizare trainice.

Nu putem spune același lucru despre cunoștințele inginerilor romani care dirijau aceste lucrări; este evident faptul

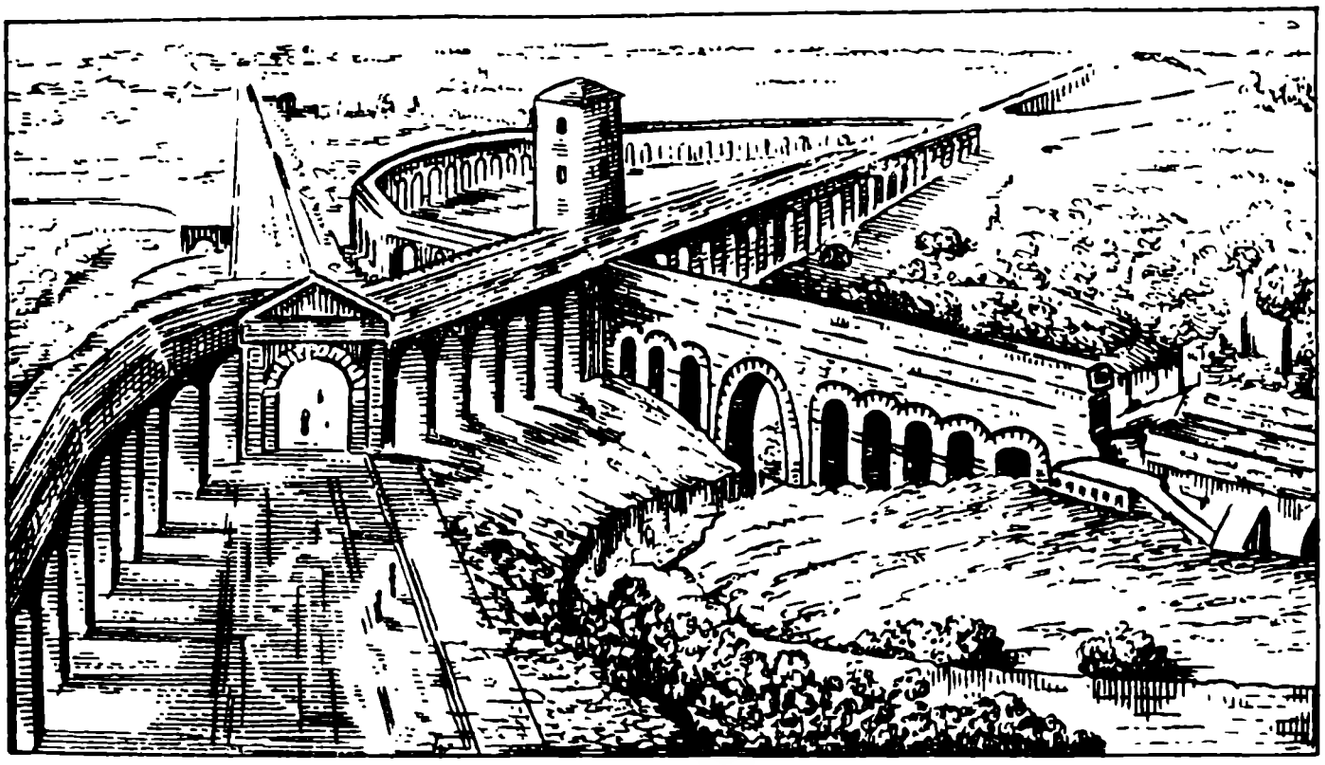


Figura 52 — Instalațiile de canalizare ale Romei antice în forma lor inițială.

că ei cunoșteau insuficient bazele fizicii. Priviți figura 52, care este o reproducere de pe un tablou din Muzeul german din München. Observați că țevile nu se îngropau în pămînt, ci erau plasate deasupra lui, pe niște stîlpi de piatră înalți.

Ştiţi pentru ce? Oare nu era mai simplu să se procedeze ca în zilele noastre? Desigur că este mai simplu, dar inginerii romani din acele timpuri aveau cunoştinţe cu totul insuficiente despre legile vaselor comunicante. Ei se temeau că în bazinele legate între ele cu ţevi foarte lungi apa se va afla la un nivel diferit. Dacă ţevile sînt instalate în pămînt, linia lor urmînd toate pantele terenului, atunci în unele locuri apa urmează să curgă în sus; iată de ce romanii se temeau că apa nu va voi să curgă în sus. De aceea, de obicei, ei îşi construiau apeductele astfel încît ţevile să fie uniform înclinate pe întreaga lor lungime (pentru aceasta adesea era necesar fie să se facă un ocol mare, fie să se înalţe piloni de sprijin foarte înalţi). Unul dintre apeducţele Romei, Aqua Marcia, are o lungime de 100 km, deşi distanţa directă dintre capetele lui este de două ori mai mică.

Au fost necesare cu 50 de kilometri mai multe construcţii de piatră din cauza necunoaşterii principiului elementar al fizicii.

LICHIDELE PRESEAZĂ ... ÎN SUS!

Faptul că lichidele presează de sus în jos pe fundul vasului şi lateral pe pereţii lui este cunoscut chiar de cei care nu au studiat niciodată fizica. Dar sînt mulţi cei care nici nu bănuiesc că această presiune se exercită şi de jos în s u s. O simplă sticlă de lampă ne va ajuta să ne convingem de faptul că această presiune există cu adevărat. Decupaţi dintr-o bucată de carton gros un disc care să aibă astfel de dimensiuni încît să poată acoperi gura sticlei de lampă. Aşezaţi discul ca în figura 53 şi cufundaţi sticla de lampă în apă. Ca să nu cadă, discul poate fi suspendat în centru de un fir de aţă sau pur şi simplu apăsat cu degetul. După ce aţi cufundat sticla pînă la o anumită adîncime, veţi observa că discul se ţine bine şi singur fără a mai fi presat cu degetul sau susţinut cu ajutorul aţei: el se sprijină pe apa care-l presează de jos în sus.

Puteţi chiar măsura mărimea acestei presiuni. Turnaţi încetişor apă în sticlă; îndată ce nivelul ei în interiorul

sticlei se va apropia de nivelul din vas, discul va cădea. Prin urmare, presiunea exercitată de apă asupra discului de jos în sus este echilibrată de presiunea exercitată asupra lui de o coloană de apă, a cărei înălțime este egală cu adîncimea la care este plasat discul sub apă. Aceasta este legea presiunii exercitate de un lichid asupra oricărui corp cufundat. De altfel, aceasta este și explicația faptului că în lichide corpurile *pierd* din greutatea lor, consemnat în cunoscuta lege a lui Arhimede.

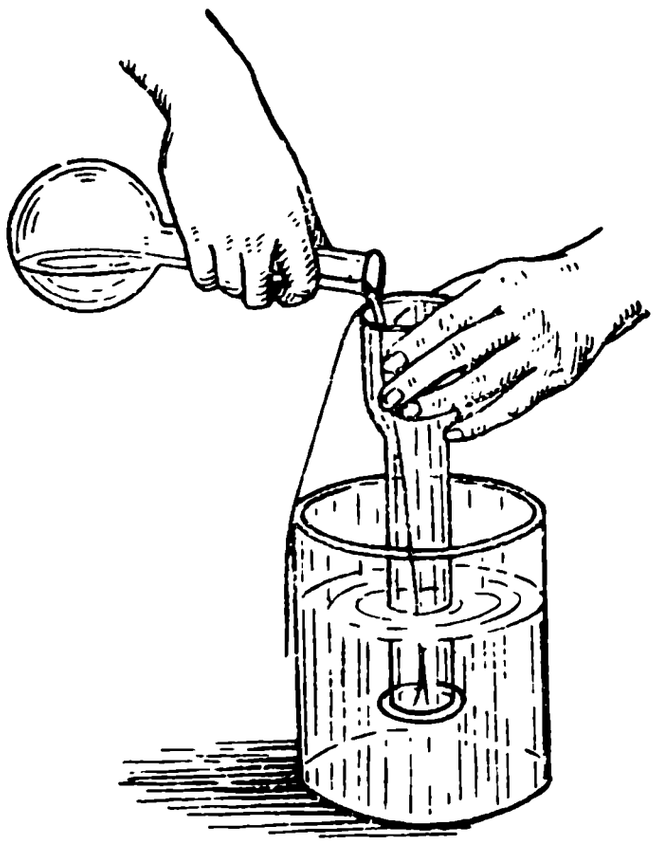


Figura 53 — Un procedeu simplu care ne demonstrează că lichidul presează de jos în sus.

Avînd la îndemînă cîteva sticle de lampă de forme diferite, dar cu deschideri egale, puteți verifica încă o lege care privește tot lichidele, și anume presiunea exercitată de lichid pe fundul vasului depinde numai de suprafața fundului și de înălțimea nivelului și nu depinde de loc de forma vasului. Verificarea va consta în aceea că veți efectua experiența descrisă mai sus cu sticle diferite, cufundîndu-le pe toate la aceeași adîncime (pentru aceasta va trebui să lipim în prealabil de fiecare sticlă, la aceeași înălțime, cîte un semn de hîrtie). Veți observa că de fiecare dată discul va cădea la același nivel al apei în sticlă (fig. 54).

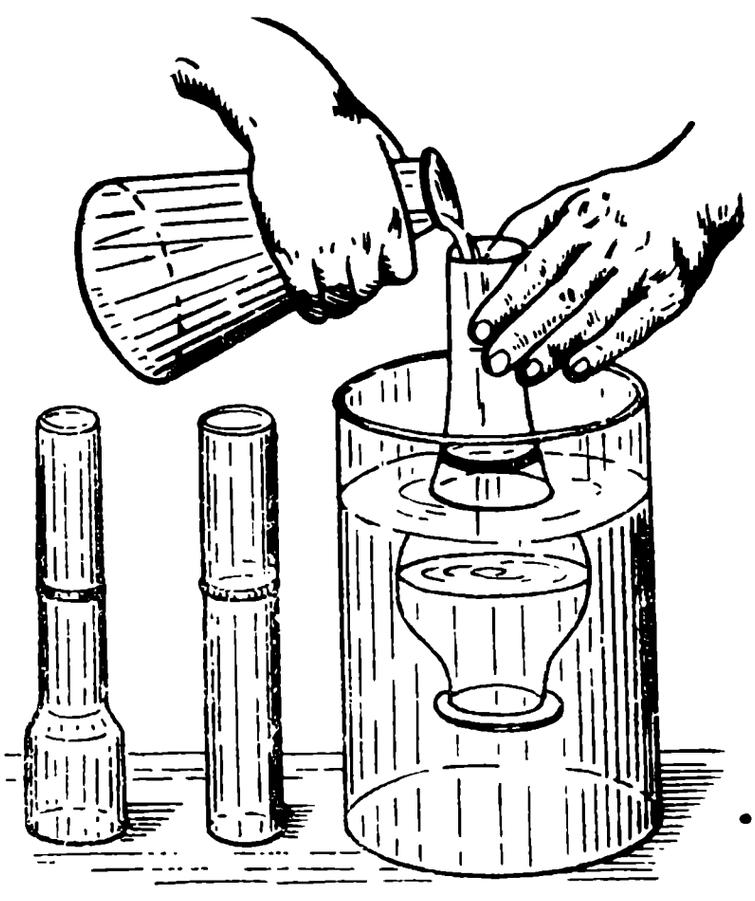


Figura 54 — Presiunea lichidului pe fundul vasului depinde numai de suprafața fundului și de înălțimea nivelului lichidului. Pe desen se arată cum se poate verifica această regulă.

Prin urmare, presiunea coloanelor de apă cu forme diferite este egală dacă sînt egale bazele și înălțimile lor. Observați că aici este importantă tocmai înălțimea și nu l u n g i m e a, pentru că o coloană î n c l i n a t ă lungă presează fundul la fel ca o coloană mai scurtă verticală, care are însă a c e e a ș i î n ă l ț i m e (suprafețele bazelor fiind și ele egale între ele).

CE ESTE MAI GREU?

Pe un taler al balanței este așezată o găleată plină cu apă, pe celălalt o găleată identică p l i n ă ș i e a p î n ă l a m a r g i n i, dar în care plutește o bucată de lemn (fig. 55). Care din găleți va cîntări mai mult?

Eu am încercat să pun această întrebare mai multor persoane și am primit răspunsuri contradictorii. Unii răspundeau că este mai grea găleata în care plutește o bucată de lemn, pentru că „în afară de apă, în găleată se mai află și lemnul". Alții, dimpotrivă, spuneau că mai grea este prima găleată, „pentru că apa este mai grea decît lemnul".

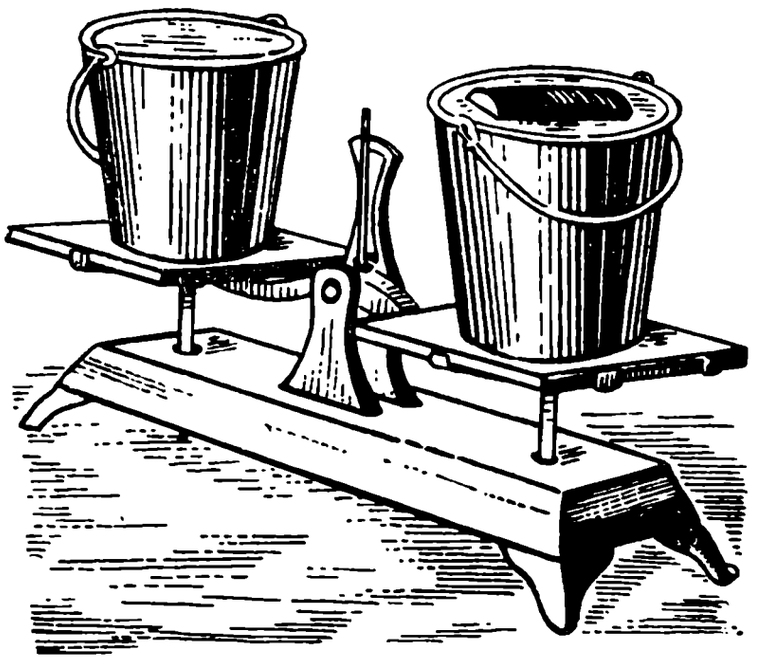


Figura 55 — Ambele găleți sînt identice și umplute pînă la margine cu apă; într-una din ele plutește o bucată de lemn. Care este mai grea?

Dar ambele răspunsuri sînt greșite: ambele găleți au a c e e a ș i g r e u t a t e. Este drept că în cea de-a doua este apă mai puțină decît în prima, pentru că bucata de lemn care plutește dislocă o parte din volumul ei. Dar, conform legii plutirii, orice corp care p l u t e ș t e dislocă cu partea cufundată în apă tot atît lichid (ca greutate), cît cîntărește întregul corp respectiv. Iată de ce balanța trebuie să rămînă în echilibru.

Rezolvați acum o altă problemă. Așezăm pe talerul balanței un pahar cu apă și alături de pahar o greutate mică. După ce stabilim echilibrul balanței, așezînd pe celălalt taler greutăți, aruncăm greutatea cea mică în paharul cu apă. Ce se va întîmpla cu balanța?

Conform legii lui Arhimede, în apă greutatea devine mai ușoară decît era înainte. S-ar părea că este de așteptat ca talerul să salte în sus. În realitate însă echilibrul nu a fost tulburat. Cum se explică acest fapt?

Greutatea a dislocat în pahar o parte din apă, care s-a ridicat astfel peste nivelul inițial; de aceea crește presiunea exercitată pe fundul vasului, astfel încît asupra fundului se apasă cu o forță suplimentară egală cu pierderea de greutate de către greutatea aruncată în apă.

FORMA NATURALĂ A LICHIDULUI

Ne-am obișnuit să credem că lichidele nu au nici o formă p r o p r i e. Această părere nu este justă. Forma naturală a unui oarecare lichid este o sferă. De obicei, forța de gravitație împiedică lichidul să ia această formă și lichidul fie că se împrăștie sub formă de strat subțire, dacă este vărsat liber, fie că ia forma vasului, dacă este turnat în acesta. Aflîndu-se în interiorul unui alt lichid cu aceeași greutate specifică, conform legii lui Arhimede, lichidul își „pierde" greutatea: parcă nu mai are greutate, forța de gravitație nu acționează asupra lui și atunci lichidul ia forma sa firească, sferică.

Untdelemnul plutește în apă, dar se cufundă în spirt. De aceea se poate prepara un astfel de amestec din apă și spirt în care untdelemnul nici nu cade la fund și nici nu se ridică la suprafață. Introducînd puțin ulei într-un astfel de amestec vedem un fenomen curios: uleiul se strînge într-o picătură mare rotundă, care nici nu se ridică la suprafață și nici nu cade la fund, ci stă suspendată imobil[1] (fig. 56).

[1] Pentru ca sfera să nu apară deformată, este necesar ca experiența să fie efectuată într-un vas cu pereții plani (sau într-un vas de orice formă, dar așezat în interiorul unui vas cu pereții umpluți cu apă).

Experienţa trebuie făcută cu răbdare şi cu grijă, pentru că, în cazul contrar, în locul unei picături mari obţinem cîteva picături mai mici. Dar chiar şi aşa, experienţa este destul de interesantă.

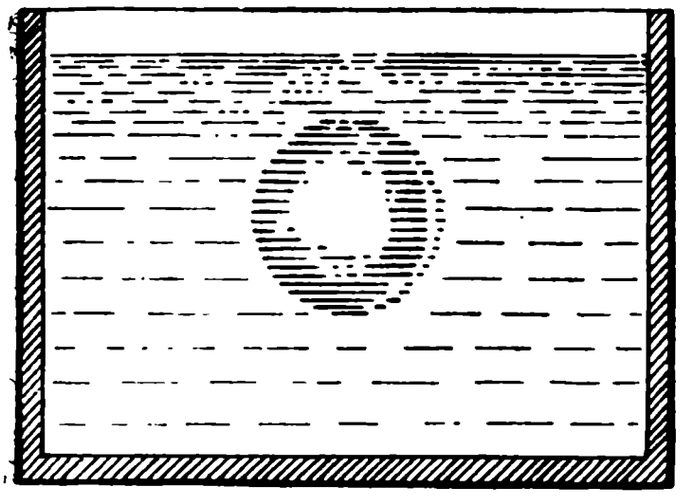


Figura 56 — Uleiul din interiorul vasului cu spirt diluat se adună sub formă de sferă, care nici nu se cufundă şi nici nu se ridică la suprafaţă.

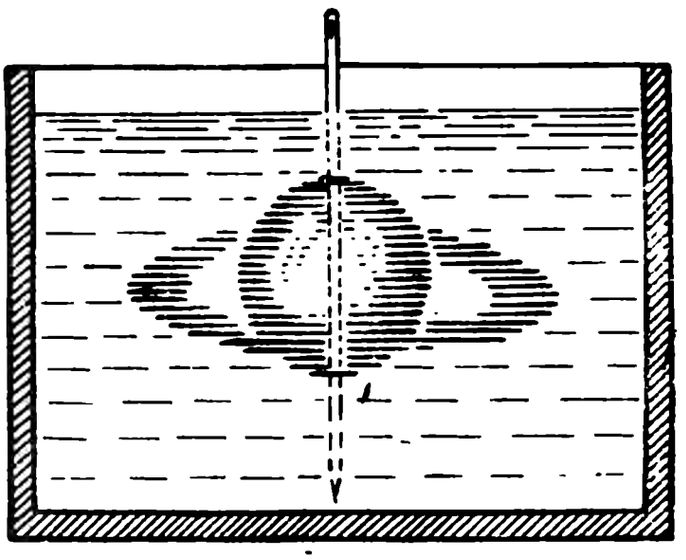


Figura 57 — Dacă sfera de ulei din spirt este rotita repede cu ajutorul unui beţişor subţire înfipt în ea, atunci din sferă se desprinde un inel.

Dar aceasta încă nu este totul. Străpungem sfera de ulei, spre centru, cu un beţişor lung de lemn sau cu o bucată de sîrmă şi rotim beţişorul între degete. Sfera de ulei participă la această rotaţie (experienţa este mai reuşită dacă aşezăm pe un ax un mic cerculeţ de carton impregnat cu ulei, care să rămînă în întregime în interiorul sferei). Sub influenţa mişcării de rotaţie, sfera începe întîi să se turtească, iar apoi, după cîteva secunde, din ea se desprinde un inel (fig. 57). Rupîndu-se, acest inel nu formează nişte fragmente diforme, ci noi picături de formă sferică ce continuă să se rotească lîngă sfera centrală.

Această experienţă interesantă şi instructivă a fost făcută pentru prima dată de fizicianul belgian Plateau. Aici experienţa este descrisă în forma ei clasică. Este mult mai uşor şi tot atît de convingător dacă o efectuăm altfel. Un pahar mic se clăteşte cu apă, se umple cu untdelemn şi se aşază pe fundul unui pahar mare; în acesta din urmă se toarnă încetişor şi cu grijă atît spirt încît păhărelul să fie cufundat în el în întregime. Apoi pe peretele paharului mare se lasă să se prelingă din linguriţă puţină apă. Suprafaţa apei din

pahărel devine convexă; această convexitate crește treptat și dacă cantitatea de apă adăugată este suficientă, atunci se ridică din pahar formînd o sferă de dimensiuni destul de mari, care se află în suspensie în interiorul amestecului de spirt și apă (fig. 58).

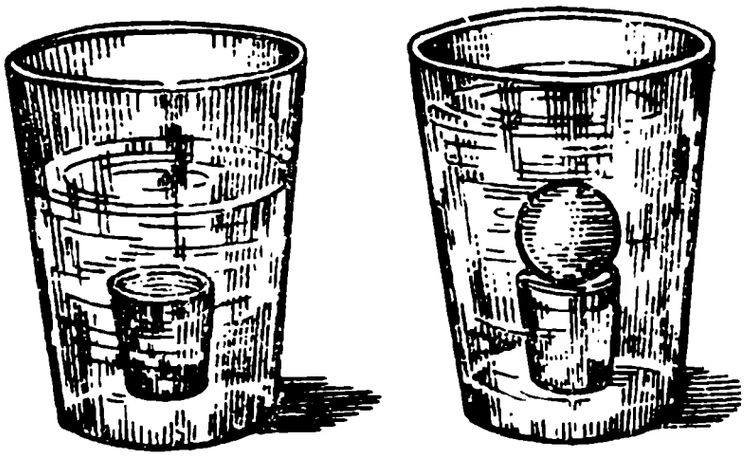


Figura 58 — Simplificarea experienței lui Plateau.

Neavînd la îndemînă spirt, aceeași experiență se poate face cu ajutorul anilinei, un lichid care la temperatura obișnuită este mai greu decît apa, iar la 75—85°C este mai ușor decît aceasta. Prin urmare, încălzind apa putem sili anilina să plutească în interiorul ei, luînd forma unei picături sferice mari. La temperatura camerei picătura de anilină se echilibrează într-o soluție de sare[1].

DE CE ALICELE SÎNT ROTUNDE?

Am vorbit despre faptul că orice lichid eliberat de acțiunea forței de gravitație își ia forma sa firească, sferică. Dacă vă amintiți cele spuse mai înainte referitor la imponderabilitatea unui corp în cădere și veți ține seama de faptul că la începutul căderii se poate neglija rezistența neînsemnată a aerului[2], atunci vă veți da seama că lichidul care cade trebuie să capete forma de sferă. Și, într-adevăr, picăturile de ploaie în cădere au formă de sfere. Alicele nu sînt altceva

---

[1] Dintre celelalte lichide este comod ortotoluidinul, un lichid de culoare roșie închis; la 24° C el are aceeași densitate ca și apa sărată, în care se și cufundă ortotoluidinul.

[2] Picăturile de ploaie coboară accelerat numai la începutul căderii lor; încă în aproximativ cea de-a doua jumătate a primei secunde de cădere se stabilește mișcarea uniformă: greutatea picăturii este echilibrată de forța de rezistență a aerului, care crește o dată cu mărirea vitezei picăturii.

decît niște picături răcite de plumb topit, care, în condițiile de producție industrială, sînt lăsate să cadă în picături de la o înălțime mare în apă; acolo ele se solidifică sub forma unor sfere perfect regulate.

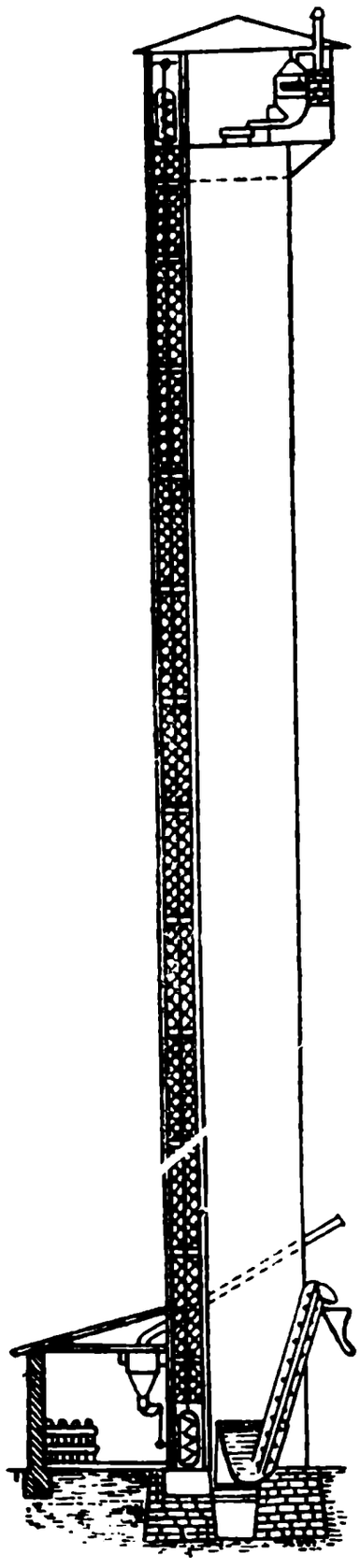


Figura 59 — Turnul fabricii producătoare de alice.

Alicele astfel turnate se numesc „de turn", pentru că la turnarea lor ele sînt silite să cadă din vîrful unui turn înalt „de turnare a alicelor" (fig. 59). Turnurile fabricii producătoare de alice sînt construite din metal și ating o înălțime de 45 m; în partea lor superioară se află încăperea turnătoriei cu cazanele topitoriei, iar jos un rezervor cu apă. Alicele urmează a fi sortate și finisate după turnare. Picătura de plumb topit se solidifică încă în timpul căderii; rezervorul este necesar numai pentru a amortiza căderea alicelor, preîntîmpinînd astfel deformarea lor (alicele cu un diametru de peste 6 mm, așa-numitele mitralii, se fabrică altfel: se taie bucățele de sîrmă, care apoi se rotunjesc.)

CUPA „FĂRĂ FUND"

Umpleți cu apă o cupă. Ea este plină. Lîngă cupă aveți niște ace cu gămălie. Poate că s-ar mai găsi puțin loc în cupă pentru două-trei ace? Încercați.

Aruncați în cupă acele unul cîte unul și numărați-le. Cufundați în apă acele cu multă grijă: întîi vîrful, apoi lăsați acul să lunece ușor din mînă fără șoc sau presiune pentru a nu împroșca apa. La fund au căzut unul, două, trei ace, fără ca nivelul apei să se schimbe. Zece, douăzeci, treizeci de ace ... Lichidul nu se varsă. Cincizeci, șaizeci, șapte-

zeci ... O sută de ace zac la fund și apa încă nu se varsă (fig. 60).

Apa nu numai că nu s-a vărsat, dar nici nu s-a ridicat peste buza cupei. Continuați să cufundați ace. Ați introdus o sută, a doua, a treia, a patra și totuși nici o picătură de apă nu s-a revărsat peste margini; acum însă se observă că suprafața apei s-a umflat, s-a înălțat întrucîtva deasupra marginilor cupei. Tocmai în aceasta rezidă secretul acestui fenomen curios. Apa umezește numai puțin sticla dacă aceasta este acoperită cu cît de puțină grăsime. Marginile paharului, ca de altfel toate vasele pe care le folosim, se acoperă inevitabil cu puțină grăsime lăsată de degetele noastre ce le ating. Neumezind marginile, apa dislocată din pahar de ace se ridică, formînd o ușoară convexitate. Ochiul nostru percepe cu greutate această umflătură, dar dacă vă osteniți să calculați volumul unui ac și-l veți compara cu volumul acelei convexități care s-a înălțat puțin peste marginile paharului, vă veți convinge de faptul că primul este de sute de ori mai mic decît cel de-al doilea, și de aceea într-o cupă „plină" se mai poate găsi loc pentru cîteva sute de ace. Cu cît este mai larg vasul, cu atît mai multe ace poate cuprinde el, pentru că cu atît mai mare este volumul convexității.

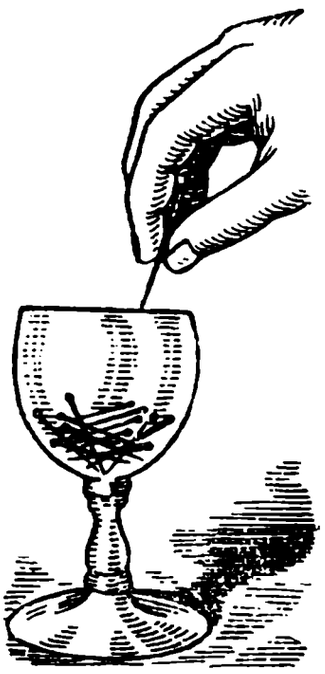


Figura 60 — O experiență interesantă cu ace cufundate într-o cupă cuapă.

Pentru ca lucrurile să fie cît mai clare, să facem un mic calcul. Lungimea acului este de circa 25 mm, iar grosimea lui de aproximativ o jumătate de milimetru. Nu este greu de calculat volumul unui astfel de cilindru, folosind cunoscuta formulă geometrică $\left(\frac{\pi d^2 h}{4}\right)$; el este egal cu 5 milimetri cubi. Împreună cu gămălia, volumul acului nu depășește 5,5 milimetri cubi.

Să calculăm acum volumul stratului de apă care se înalță deasupra marginilor cupei. Diametrul cupei este de 9 cm = 90 mm. Suprafața unui astfel de cerc este de aproximativ 6400 mm^2. Considerînd că grosimea umflăturii este numai de 1 mm, pentru volumul ei găsim 6400 mm^3; aceasta depășește de 1 200 de ori volumul acului. Cu alte cuvinte o cupă „plină" cu

apă mai poate cuprinde peste o mie de ace. Şi, într-adevăr, cufundînd acele cu grijă, putem introduce o mie întreagă, astfel încît ele ocupă parcă întregul vas, depăşind chiar marginile lui, fără ca apa să se verse cîtuşi de puţin.

O PROPRIETATE INTERESANTĂ A PETROLULUI

Cei care au avut de-a face cu lămpi cu petrol cunosc, desigur, surprizele neplăcute datorate unei anumite particularităţi a petrolului. Umpleţi rezervorul, îl ştergeţi pe dinafară bine, iar peste o oră îl găsiţi din nou umed.

Aceasta se datoreşte faptului că nu aţi înşurubat suficient de bine arzătorul, şi petrolul, căutînd să se întindă pe sticlă, s-a scurs pe suprafaţa exterioară a rezervorului. Dacă doriţi să evitaţi astfel de „surprize", trebuie să înşurubaţi cît mai bine arzătorul[1].

Umoristul englez Jerome nu a exagerat prea mult cînd, în povestirea sa *Trei într-o barcă*, spunea următoarele despre petrol:

„Nimic nu se prelinge mai uşor ca petrolul lampant. Îl ţineam în botul bărcii şi de acolo se prelingea în jos către cîrmă, îmbibînd întreaga barcă şi tot ce întîlnea în cale; îşi făcea drum înspre fluviu, satura peisajul şi vicia atmosfera. Uneori ne gîdila nările o adiere de vînt dinspre apus încărcată de mirosul petrolului; alteori una asemănătoare dinspre răsărit, dinspre miazănoapte sau miazăzi; dar de oriunde venea, fie că venea dinspre zăpezile arctice, fie că se ridica din nesfîrşitele nisipuri ale deşertului, purta aceeaşi mireasmă de petrol lampant.

Petrolul făcea ce făcea şi strica pînă şi frumuseţea apusurilor de soare; cît despre clarul de lună, hotărît lucru, acesta duhnea a petrol.

---

[1] Dar, înşurubînd bine arzătorul, nu uitaţi să aveţi grijă ca rezervorul să nu fie umplut pînă la margini; încălzindu-se, petrolul se dilată destul de mult (volumul lui creşte cu aproximativ o zecime cînd temperatura creşte cu 100°C), şi pentru ca rezervorul să nu explodeze este necesar să lăsăm loc pentru dilatare.

Am încercat să ne descotorosim de el la Marlow. Am lăsat barca lîngă pod și am dat o raită prin oraș, doar-doar ne-a pierde urma, dar degeaba — nu ne-a slăbit un pas.

Tot orașul duhnea a petrol".

(În realitate, doar hainele călătorilor erau impregnate cu el.)

Proprietatea petrolului de a umezi suprafața exterioară a rezervoarelor a dat ocazia să se formeze părerea greșită că petrolul poate pătrunde prin metale și sticlă.

O MONEDĂ CARE NU CADE LA FUND

Nu există numai în poveste, dar și în realitate. Vă veți convinge de acest fapt făcînd cîteva experiențe ușor de efectuat. Începem cu obiecte mai mici, cu ace de exemplu. S-ar părea că este imposibil să forțăm un ac de oțel să plutească pe suprafața apei și totuși acest lucru nu este atît de greu de realizat. Așezați pe suprafața apei o foiță de țigară, iar peste ea un ac perfect uscat. Acum trebuie doar să scoatem foița de țigară de sub ac. Acest lucru se face în felul următor: înarmîndu-ne cu un alt ac, marginile hîrtiei se cufundă puțin în apă, apropiindu-ne treptat spre mijloc; cînd foița se va uda complet, va cădea la fund, iar acul va continua să plutească (fig. 61). Cu ajutorul unui magnet apropiat de pereții paharului la nivelul apei, putem chiar dirija mișcarea acestui ac plutitor.

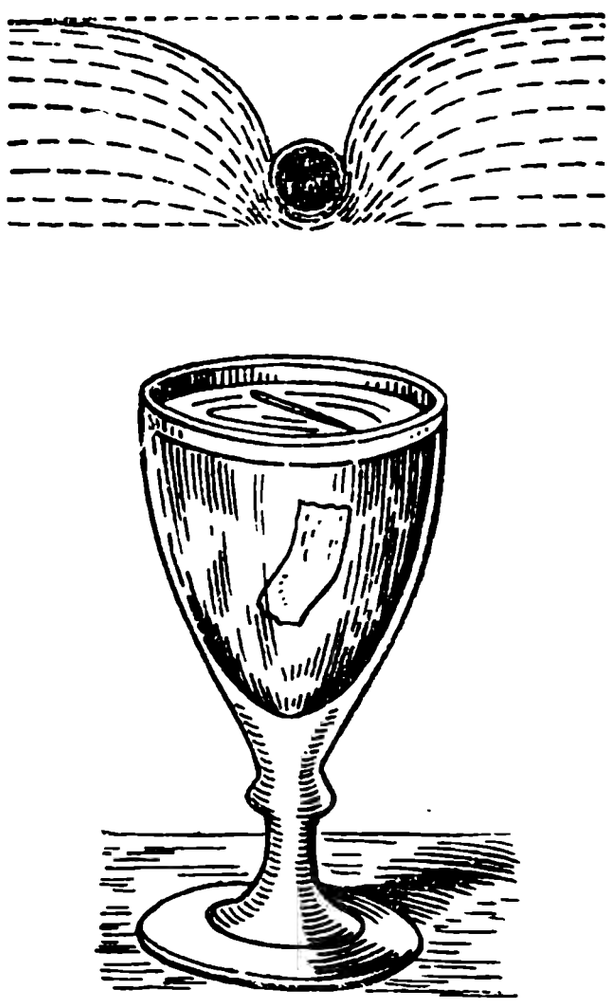


Figura 61 — Acul care plutește pe apă. Sus este reprezentat acul în secțiune (grosimea 2 mm) și forma exactă a adînciturii din apă (mărit de 2 ori). Jos este arătată modalitatea de a face acul să plutească pe apă cu ajutorul unei foițe de țigară.

Avînd o oarecare experiență, ne putem lipsi de foița de țigară: prinzînd cu degetele acul de mij-

loc, lăsaţi-l să cadă în poziţie orizontală, de la o înălţime mică, pe suprafaţa apei.

În locul acului putem face să plutească un ac cu gămălie (ambele cu o grosime de cel mult 2 mm), un nasture uşor, mici obiecte metalice plane. După ce aţi căpătat o oarecare abilitate, încercaţi să faceţi să plutească o monedă.

Cauza plutirii acestor obiecte metalice constă în aceea că apa umezeşte doar metalul pe care l-am ţinut în mînă, acoperit astfel cu un strat subţire de grăsime de pe piele. De aceea la suprafaţa apei, în jurul acului plutitor, se formează o adîncitură vizibilă chiar cu ochiul liber. Pelicula superficială de lichid, căutînd să se destindă, exercită asupra acului o presiune de jos în sus, susţinîndu-l astfel la suprafaţă. Acul mai este susţinut şi de forţa de împingere a lichidului, conform legii de plutire: acul este împins de jos în sus cu o forţă egală cu greutatea apei dislocate de el.

Plutirea acului se obţine cel mai uşor dacă-l ungem cu ulei; un astfel de ac poate fi aşezat direct pe suprafaţa apei, fără să cadă la fund.

APĂ ÎN CIUR

Se constată că apa poate fi transportată cu ciurul nu numai în poveste, ci şi în realitate. Cunoaşterea fizicii ne va ajuta să realizăm un astfel de lucru considerat cu totul imposibil. Pentru aceasta trebuie să luăm o sită de sîrmă, cu un diametru de aproximativ 15 centimetri şi cu ochiuri nu prea mici (de circa 1 mm). Cufundăm această sită în parafină topită. Scoatem sita din parafină şi constatăm că sîrma este acoperită cu un strat subţire, aproape invizibil, de parafină.

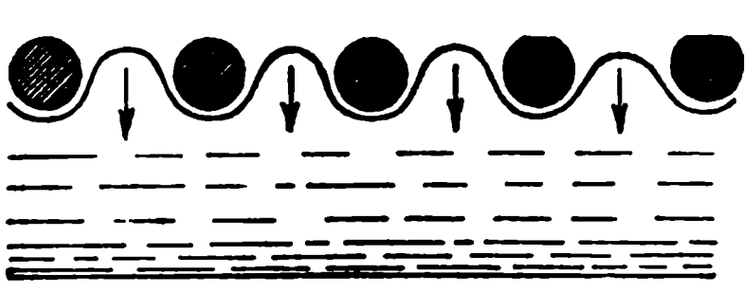


Figura 62 — De ce apa nu se varsă din sita acoperită cu parafină?

Sita a rămas tot sită; ea este ciuruită şi prin ochiurile ei trece liber un ac, dar acum puteţi duce, în adevăratul sens,

apă în ciur. Într-o astfel de sită puteţi lua destul de multă apă fără ca vreo picătură să se scurgă prin ochiurile ei; trebuie doar să turnaţi apa cu grijă şi să feriţi sita de şocuri.

Dar de ce nu se varsă apa? Pentru că ea nu udă parafina şi formează în ochiurile sitei pelicule subţiri îndreptate cu convexitatea lor în jos, susţinînd astfel masa apei (fig. 62).

O astfel de sită acoperită cu parafină poate fi aşezată pe apă fără a se cufunda. Prin urmare, nu numai că putem duce apă cu ciurul, dar mai şi putem pluti în el!

Această experienţă paradoxală explică un şir de fenomene cu care ne-am obişnuit atît de mult, încît nu le mai băgăm în seamă. Smolirea butoaielor şi a bărcilor, ungerea cu grăsime a dopurilor şi a bucşelor, vopsirea cu vopsele de ulei şi, în general, acoperirea cu substanţe uleioase a tuturor obiectelor pe care vrem să le facem impermeabile, precum şi cauciucarea ţesăturilor nu este altceva decît confecţionarea de site într-un mod asemănător celui de mai sus. Şi acolo şi aici esenţa este una şi aceeaşi, numai că la sită ea apare sub un aspect neobişnuit.

SPUMA ÎN SLUJBA TEHNICII

Experienţa plutirii acului de oţel şi a monezii de cupru pe apă se aseamănă cu fenomenul folosit în industria minieră şi metalurgică pentru „îmbogăţirea" minereurilor, adică pentru a mări în ele conţinutul părţilor componente valoroase. Tehnica cunoaşte multe metode de îmbogăţire a minereurilor; metoda pe care o avem în vedere acum şi care se numeşte *flotaţie* este cea mai eficace; ea se foloseşte cu succes chiar în cazurile cînd toate celelalte nu-şi ating scopul.

Esenţa flotaţiei (adică a plutirii la suprafaţă) constă în următoarele. Minereul bine frămîntat se cufundă într-un vas cu apă şi substanţe uleioase, care au capacitatea de a acoperi particulele de mineral util cu pelicule foarte subţiri ce nu pot fi udate cu apă. Amestecul este energic amestecat cu aerul, formînd o mulţime de bule mici: spumă. Particulele de mineral util acoperite cu o peliculă subţire de ulei, venind

în contact cu învelișul bulei de aer, se lipesc de acesta, agățîndu-se de bulă, cu care se ridică împreună la suprafață, așa cum în atmosferă un balon cu aer ridică o gondolă (fig. 63). Particulele de rocă neutilă, nefiind acoperite cu substanțe uleioase, rămîn în lichid. Trebuie să menționăm faptul că bula de aer este mult mai mare decît particula de mineral util, astfel încît forța ei de plutire este suficient de mare pentru a antrena spre suprafață bucățica de corp solid. Ca rezultat, aproape toate particulele de metal util se găsesc în spuma care acoperă lichidul. Această spumă se culege și se trece apoi la prelucrare pentru obținerea așa-numitului „concentrat", care este de zeci de ori mai bogat în mineral util decît minereul extras inițial.

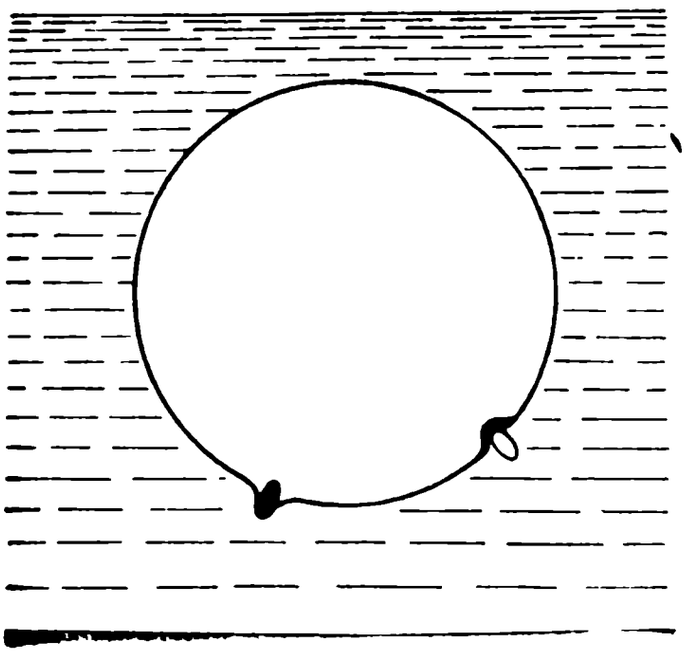


Figura 63 — Cum are loc flotația?

Tehnica flotației a fost elaborată atît de bine, încît prin alegerea cuvenită a lichidelor din amestec se poate separa fiecare mineral util de roca inutilă, oricare i-a fost compoziția inițială.

Ideea flotației nu a avut la baza ei teoria, ci observația atentă a unui fapt întîmplător. La sfîrșitul secolului trecut, o profesoară americană (Carry Ewerson), spălînd niște saci pătați cu ulei în care se păstra înainte minereu de cupru, a observat că particulele de minereu se ridică la suprafață o dată cu spuma de săpun. Acest fapt a servit drept punct de plecare pentru dezvoltarea metodei flotației.

UN PERPETUUM MOBILE IMAGINAR

Cîteodată în cărți se descrie drept *perpetuum mobile* real un dispozitiv (fig. 64) cu următoarea construcție: uleiul (sau apa) turnate într-un vas sînt ridicate cu ajutorul unor

fitiluri întîi într-un alt vas aşezat mai sus, iar de acolo, cu ajutorul altor fitiluri, mai sus; vasul superior are un jgheab pentru scurgerea uleiului ce cade pe paletele unei roţi pe care o pune în mişcare. Uleiul care a curs jos se ridică din nou, cu ajutorul fitilurilor, pînă la vasul de sus. Astfel, şuviţa de ulei ce se scurge prin jgheab pe paletele roţii nu se întrerupe nici o clipă şi roata trebuie să se afle într-o mişcare eternă...

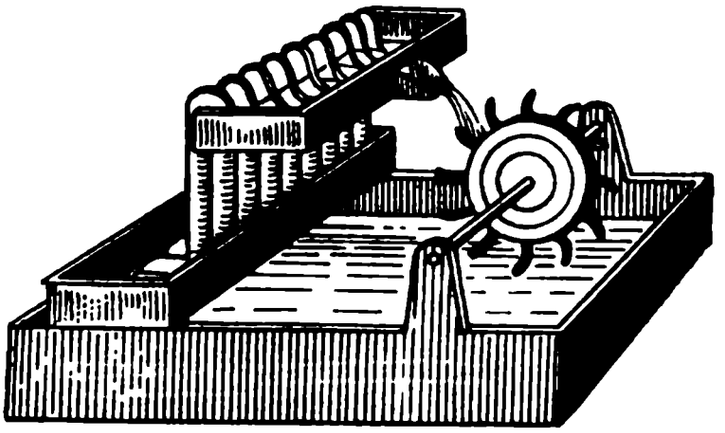


Figura 64 — Morişca irealizabilă.

Dacă autorii care descriu această morişcă s-ar fi ostenit s-o şi construiască, atunci ei s-ar fi convins nu numai că roata nu se învîrteşte, dar că nici o picătură de lichid nu poate ajunge măcar în vasul de sus!

De altfel ne putem da seama de acest lucru chiar fără a construi morişca. Într-adevăr, de ce-şi închipuie inventatorul că uleiul trebuie să curgă de pe partea de sus, răsucită a fitilului? Tensiunea capilară, învingînd forţa de gravitaţie, a ridicat lichidul în sus de-a lungul fitilului; dar aceeaşi cauză va reţine lichidul în porii fitilului ud, fără a-i permite să picure. Dacă admitem că, în urma acţiunii forţelor capilare, în vasul de sus al moriştii imaginare poate nimeri lichid, atunci trebuie să recunoaştem că aceleaşi fitiluri care chipurile l-au transportat aici l-ar fi transportat şi înapoi în vasul de jos.

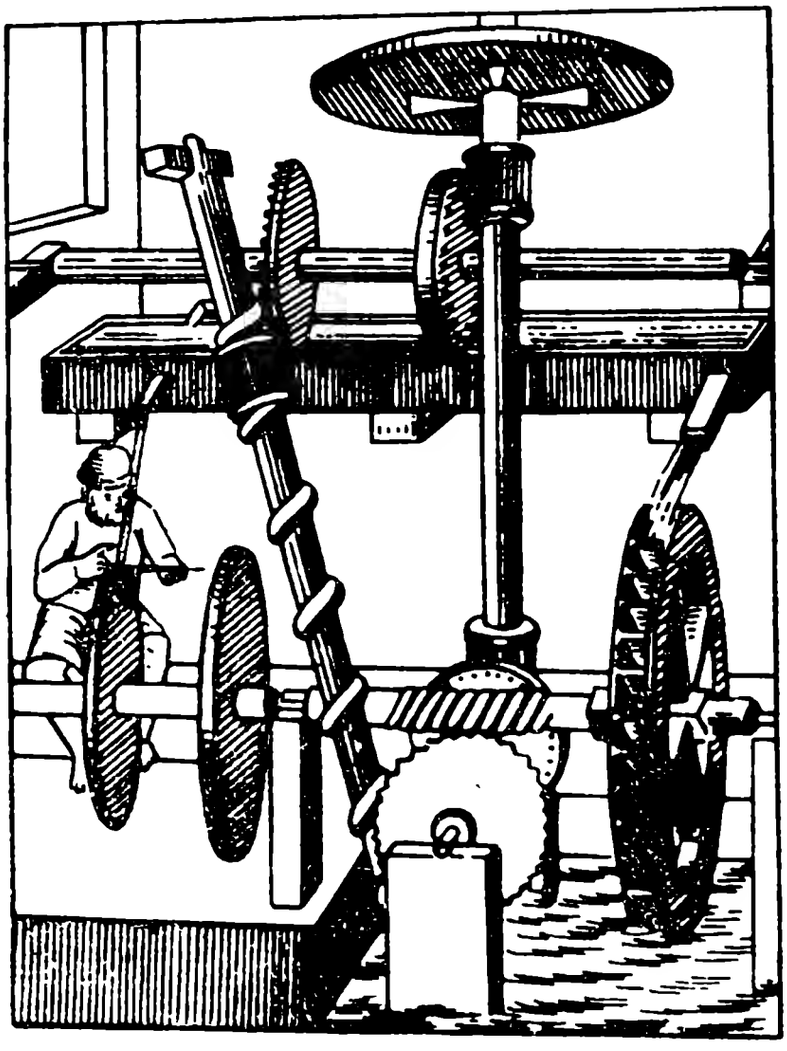


Figura 65 — Un proiect vechi de „perpetuum mobile“ hidraulic pentru piatra de polizor.

Acest *perpetuum mobile* ne amintește o altă mașină hidraulică cu acțiune perpetuă, inventată în 1575 de mecanicul italian Stradius Major. Reprezentăm aici acest proiect nostim (fig. 65). Șurubul lui Arhimede, rotindu-se, ridică apa în rezervorul superior, de unde ea se scurge printr-un jgheab, căzînd pe paletele unei roți hidraulice (dreapta jos). Roata hidraulică învîrtește polizorul și totodată, cu ajutorul unui sistem de roți dințate, acționează șurubul lui Arhimede, care ridică apa în rezervorul de sus. Șurubul pune în funcțiune roata, iar roata șurubul!... Dacă ar fi fost posibile astfel de mecanisme, atunci ele ar fi putut fi construite mult mai simplu: s-ar putea trece o frînghie peste un bloc, legîndu-se la capetele ei două greutăți identice; cînd una din greutăți ar coborî, ea ar ridica cea de-a doua greutate, iar aceasta, căzînd de la înălțime, ar ridica-o pe prima. Acesta n-ar fi și el un *perpetuum mobile*?

BALOANE DE SĂPUN

Știți să faceți baloane de săpun? Nu este chiar atît de simplu pe cît se pare. Și mie mi se părea că pentru aceasta nu este necesară nici o abilitate deosebită, pînă nu m-am convins din experiență că obținerea unor baloane mari și frumoase este și ea un fel de artă care cere exercițiu. Dar ce rost are să ne ocupăm de astfel de fleacuri cum ar fi suflarea unor baloane de săpun?

Prin cămine ele se bucură de un renume prost; cel puțin în discuții le pomenim pentru a face unele comparații nu tocmai măgulitoare. Cu totul altfel le privește fizicianul. „Suflați un balon de săpun, scria marele savant englez Kelvin, și priviți-l: vă puteți consacra întreaga viață studierii lui fără a epuiza lecțiile de fizică ce decurg din studiul lui."

Într-adevăr, jocul minunat de culori de pe suprafața peliculelor subțiri ce le acoperă îi permite fizicianului să măsoare lungimea undelor luminoase, iar studiul forței de întindere a acestor pelicule fine permite să se studieze legile acțiunii forțelor ce există între particule, acele forțe de coezi-

une în lipsa cărora în lume nu ar exista nimic afară de o pulbere fină.

Cele cîteva experienţe care sînt descrise mai jos nu urmăresc ţeluri atît de serioase. Este vorba doar de o distracţie interesantă, care ne va face cunoştinţă cu arta de a face baloane de săpun. Fizicianul englez Ch. Boys, în cartea sa *Baloane de săpun*, a descris un şir de experienţe cu ele. Pe cei pe care îi interesează astfel de experienţe îi sfătuim să apeleze la cartea menţionată. Aici vom descrie doar cîteva experienţe simple.

Ele pot fi făcute cu ajutorul unei soluţii de săpun simplu de rufe [1], dar pentru cei care doresc vom indica săpunul pur de ulei de măsline sau migdale, cel mai indicat pentru obţinerea unor baloane de săpun mari şi frumoase. Se dizolvă o bucată de astfel de săpun în apă rece curată pînă la obţinerea unei soluţii destul de dense. Mai potrivit este să se folosească apa curată de ploaie sau de zăpadă, iar în lipsa acesteia apa fiartă şi răcită. Pentru ca baloanele să reziste mai multă vreme, Plateau indică folosirea a 1/3 glicerină (ca volum), care se amestecă cu soluţia de săpun. Se îndepărtează cu lingura de pe suprafaţa soluţiei spuma şi bulele, iar apoi se cufundă în această soluţie un tub subţire de argilă, al cărui capăt a fost în prealabil dat cu săpun atît în interior, cît şi în afară. Rezultatele bune se obţin şi cu ajutorul firelor de pai cu lungimea de circa 10 cm, crestate la capăt în formă de cruce.

Baloanele se suflă astfel: cufundînd tubul în soluţie şi ţinîndu-l în poziţie verticală, astfel încît la capătul lui să se formeze o peliculă de lichid, se suflă încet în el. Deoarece balonul se umple astfel cu aerul cald din plămînii noştri, care este mai uşor decît aerul înconjurător din cameră, el se înalţă imediat.

Dacă reuşiţi dintr-o dată să faceţi un balon cu un diametru de 10 cm, atunci soluţia este gata; în caz contrar, trebuie să mai adăugaţi săpun pînă cînd reuşiţi să suflaţi baloane cu dimensiunea indicată. Dar această verificare este încă insuficientă. Suflînd balonul, muiaţi degetul în soluţia de săpun şi căutaţi să străpungeţi balonul; dacă el nu plesneşte, atunci puteţi trece la efectuarea experienţelor; dacă însă el va plesni, atunci mai trebuie adăugat săpun.

---

1 Săpunul de toaletă poate fi folosit cu mai puţină eficacitate.

Experienţele trebuie făcute încet, cu grijă, liniştit. Lumina trebuie să fie cît mai vie, pentru că, în caz contrar, baloanele nu vor apărea în toată splendoarea culorilor lor.

Iată cîteva exerciţii distractive cu baloanele de săpun.

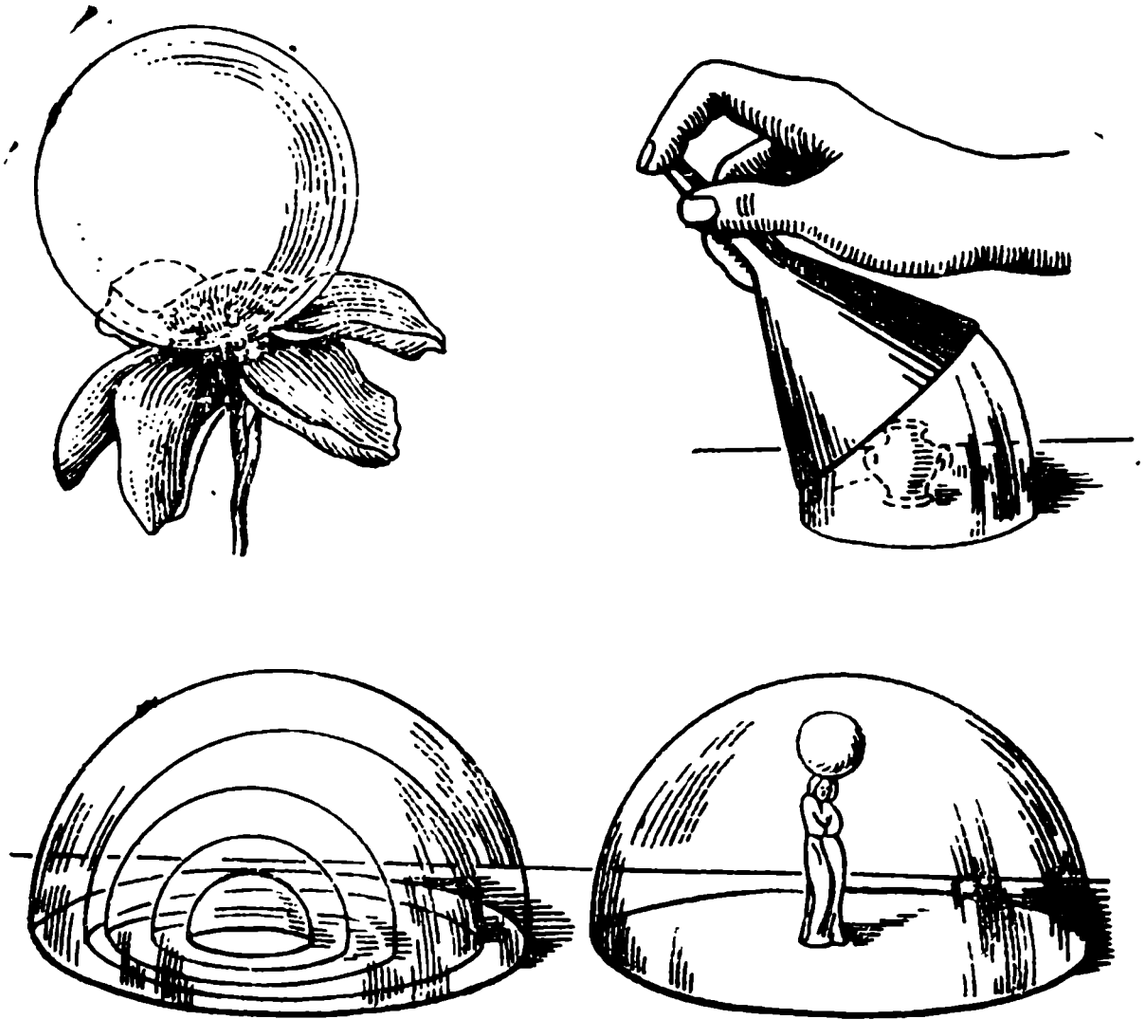


Figura 66 — Experienţe cu baloane de săpun: balonul pe floare; balonul în jurul unei vaze; cîteva baloane concentrice; balonul pe statueta din interiorul unui alt balon.

Balonul de săpun în jurul unei flori. Se toarnă pe o farfurie sau într-o tavă atîta soluţie de săpun încît fundul farfuriei să fie acoperit cu un strat de 2—3 mm. La mijloc se aşază o floare sau o vază care se acoperă cu o pîlnie de sticlă. Apoi, ridicînd încet pîlnia, se suflă în tubul ei îngust şi se formează un balon de săpun; cînd acest balon atinge dimensiuni suficiente, atunci se înclină pîlnia aşa cum se arată în figura 66, eliberînd astfel balonul. Floarea de pe farfurie este acum aşezată sub o boltă transparentă emisferică, formată din peliculă de săpun care străluceşte în toate culorile curcubeului.

În locul florii putem aşeza o statuetă, căreia îi putem încununa capul cu un balonaş de săpun (fig. 66). Pentru aceasta

trebuie să picurăm pe capul statuetei puțină soluție, iar apoi, cînd balonul mare este gata, îl străpungem pentru a sufla un balon mic pe capul statuetei.

Cîteva baloane unul lîngă altul (fig. 66). Cu ajutorul pîlniei folosite și în experiența descrisă mai sus, se suflă un balon mare. Apoi se cufundă în soluție un pai, astfel încît numai capătul lui care urmează a fi luat în gură să rămînă uscat și se împinge ușor paiul prin peretele primului balon pînă la centru; se trage apoi încet paiul înapoi fără a se ajunge însă pînă la margine și se suflă cel de-al doilea balon cuprins în primul, în acesta balonul al treilea ș.a.m.d.

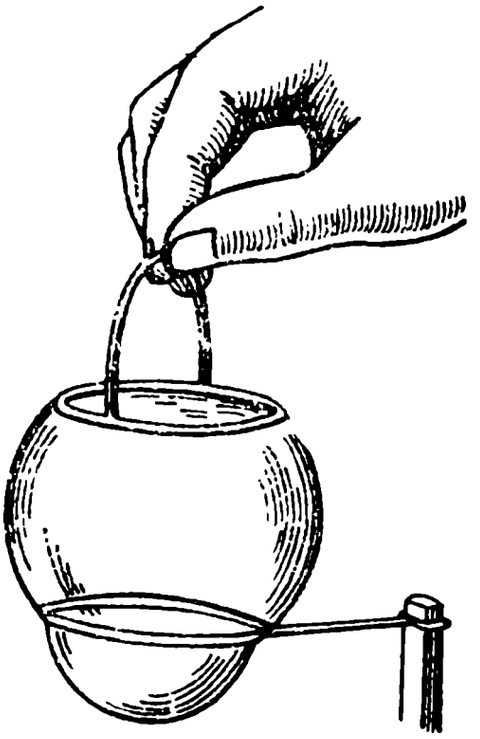


Figura 67 — Cum se obține un balon de săpun în formă de cilindru.

Cilindrul de săpun (fig. 67) se obține între două inele de sîrmă. Pentru aceasta, pe inelul de jos se lasă un balon sferic obișnuit, apoi pe balon se lasă cel de al doilea inel umezit și se ridică apoi astfel încît să întindă balonul nostru, făcîndu-l cilindric. Este interesant faptul că, dacă ridicați inelul superior la o înălțime mai mare decît lungimea circumferinței inelului, atunci o jumătate de cilindru se îngustează, iar cealaltă se lățește și apoi se împarte în două baloane.

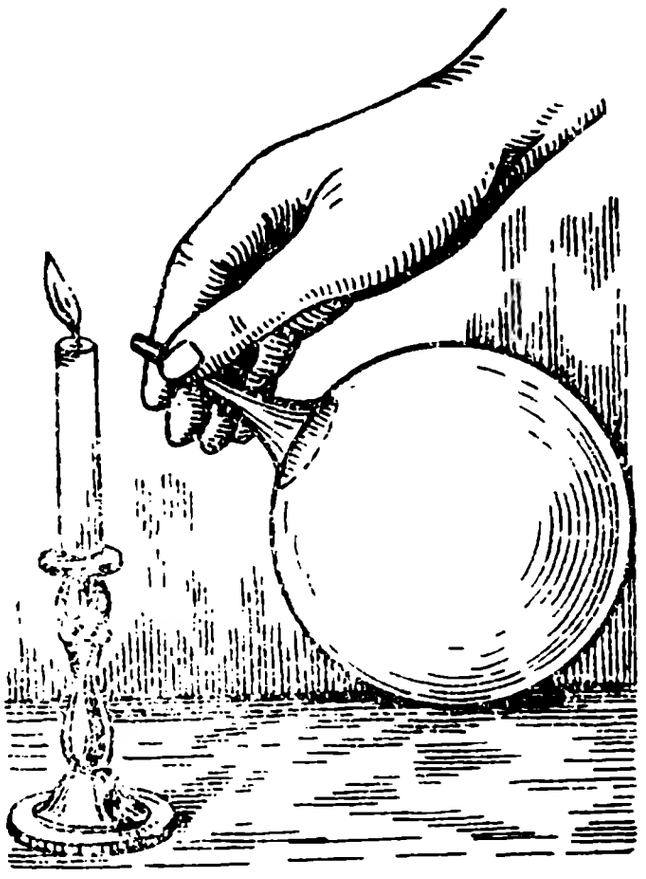


Figura 68 — Aerul este împins de pereții balonului de săpun.

Pelicula balonului de săpun se află tot timpul sub acțiunea unei forțe de întindere și exercită presiune asupra aerului închis în el; îndreptînd pîlnia spre focul unei lumînări, ne putem convinge de faptul că rezistența acestor pelicule extrem de subțiri nu este chiar atît de mică; flacăra se va înclina vizibil într-o parte (fig. 68).

Este interesant să urmărim un balon atunci cînd nimerește dintr-o încăpere caldă într-una rece: el se micșorează vizibil ca volum; dimpotrivă, crește nimerind dintr-o cameră rece într-una caldă. Cauza este, desigur, compresiunea și dilatarea aerului închis în interiorul balonului. Dacă, de exemplu, în ger (la —15°C) volumul balonului este de 1 000 cm^3 și apoi îl mutăm într-o cameră unde temperatura aerului este de +15°C, atunci el trebuie să crească cu aproximativ:

$$1\,000 \times 30 \times \frac{1}{273} \approx 110\ cm^3.$$

Trebuie să mai menționăm că baloanele de săpun nu sînt chiar atît de fragile cum se crede: dacă știm să le mînuim le putem păstra chiar timp de zeci de zile. Fizicianul englez Dewar (care este cunoscut prin lucrările sale în domeniul rarefierii aerului) păstra baloanele de săpun în sticle speciale, bine ferite de praf, de uscăciune și de mișcarea aerului; în aceste condiții el a reușit să păstreze unele baloane o lună și chiar mai mult timp. Lawrence, în America, a reușit să păstreze baloane de săpun sub clopote de sticlă timp de ani de zile.

CE-I MAI SUBȚIRE DECÎT ORICE?

Probabil sînt puțini cei care știu că pelicula balonului de săpun este unul dintre obiectele cele mai subțiri vizibile cu ochiul liber. Obiectele de comparație obișnuită care servesc în limbajul nostru pentru a exprima subțirimea unor lucruri sînt foarte mari în comparație cu pelicula balonului de săpun. „Subțire ca un fir de păr", „subțire ca foița de țigară" prezintă o grosime uriașă față de grosimea peretelui balonului de săpun, care este de 5 000 de ori mai subțire decît firul de păr și decît foița de țigară.

Firul de păr omenesc mărit de 200 de ori are o grosime de aproape 1 cm, iar pelicula balonului de săpun în secțiune nu este vizibilă cu ochiul liber nici dacă este mărită de 200 de ori. Trebuie s-o mărim de încă 200 de ori pentru a putea observa

secțiunea peliculei ca pe o linie subțire; dacă am mări firul de păr tot de atîtea ori (4 0001), atunci am obține o grosime de peste 2 m. În figura 69 sînt date aceste relații.

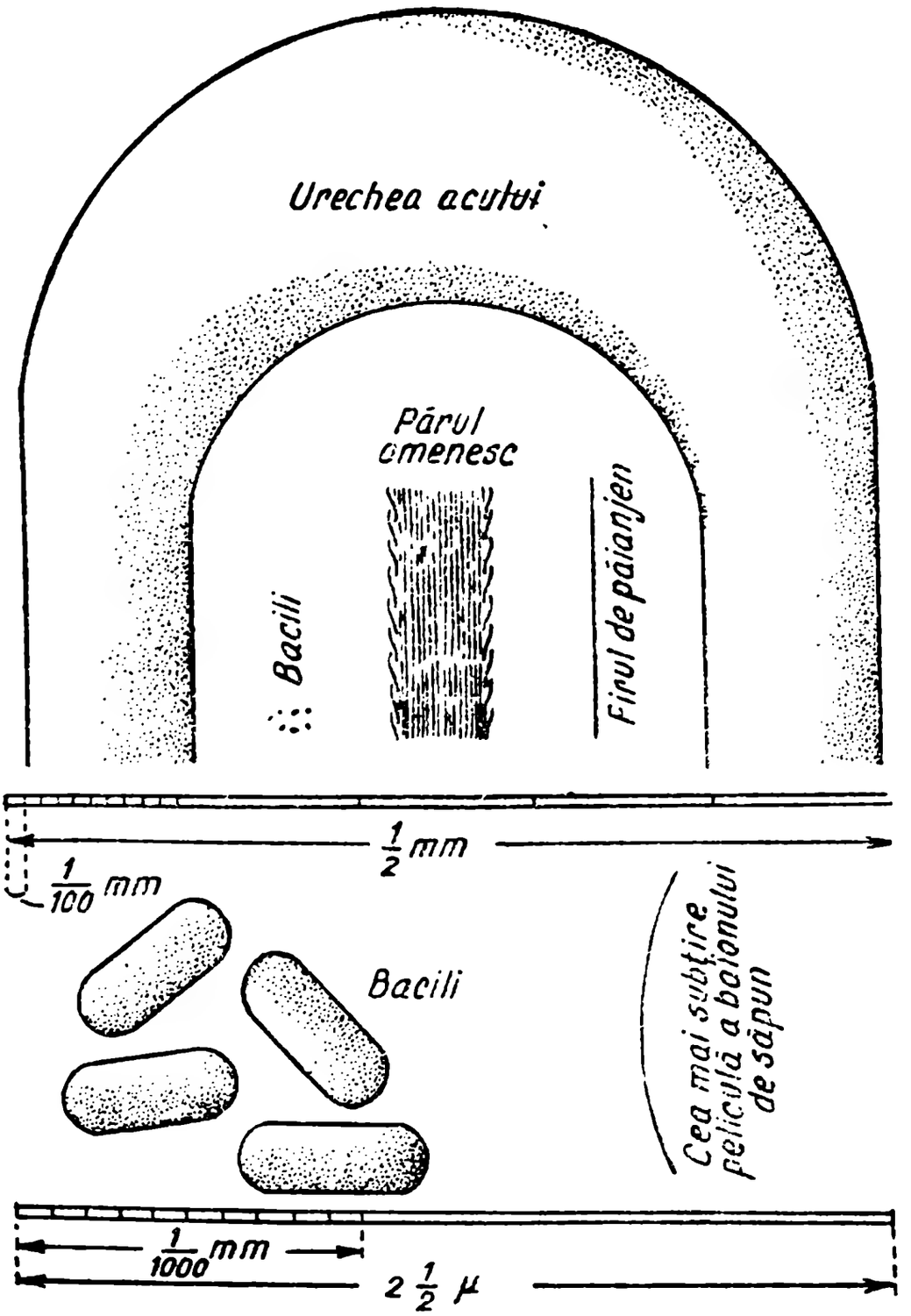


Figura 69 — Sus — urechea acului, firul de păr omenesc, bacilii și firul de păianjen mărite de 200 de ori. Jos — bacilii și grosimea peliculei de săpun mărite de 40.000 ori (1 u = 0,0001 cm).

A IEȘIT USCAT DIN APĂ

Așezați o monedă pe o farfurie mare plană, turnați atîta apă încît să acopere moneda și propuneți-le musafirilor s-o scoată cu mîna fără a-și uda degetele.

Această problemă, aparent de nerezolvat, se rezolvă destul de simplu cu ajutorul unui pahar și al unei bucăți de hîrtie aprinsă. Aprindeți o bucată de hîrtie, introduceți-o în pahar și așezați paharul repede cu fundul în sus în apropierea monezii. Hîrtia se va stinge, paharul se va umple cu un fum alb, iar apoi sub el se va aduna de la sine apa din toată farfuria. Moneda va rămîne, desigur, pe loc și, după un minut, cînd ea se va usca, o puteți lua fără să vă udați degetele.

Ce forță a făcut ca apa să intre sub pahar, ținînd-o ridicată la o anumită înălțime? Presiunea atmosferică. Hîrtia aprinsă a încălzit aerul din pahar, presiunea lui a crescut din această cauză și o parte din gaz s-a scurs în afară. Cînd hîrtia s-a stins, aerul s-a răcit din nou; prin răcire presiunea a scăzut și sub pahar a pătruns apa împinsă de presiunea aerului înconjurător.

În locul hîrtiei putem folosi chibrituri înfipte într-un cerculeț de dop, după cum este arătat în figura 70.

Adesea auzim și chiar citim explicația greșită a acestei *experiențe vechi* [1]. Astfel se spune că „arde oxigenul" și de aceea scade cantitatea de gaz de sub pahar. Această explicație este complet greșită. Cauza principală constă numai în încălzirea aerului și nu în consumul parțial al oxigenului de către hîrtia aprinsă. Aceasta rezultă în primul rînd din faptul că ne putem lipsi de hîrtia aprinsă, încălzind doar paharul (clătindu-l cu apă clocotită). În al doilea rînd, dacă în loc de hîrtie luăm o bucată de vată muiată în spirt, care arde mai mult timp și încălzește mai puternic aerul, atunci apa se ridică aproape pînă la jumătatea paharului; și, totuși, se știe că oxigenul formează doar 1/5 parte din întregul volum de

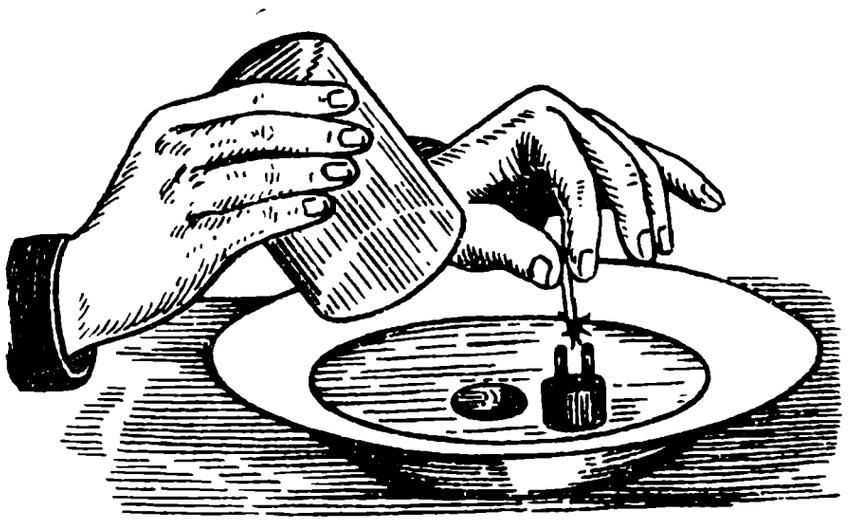


Figura 70 — Cum putem aduna întreaga apă sub paharul răsturnat cu gura în jos pe o farfurie.

[1] Prima ei descriere și explicație justă o găsim la Philon din Bizanț, fizicianul din antichitate, care a trăit prin secolul I î.e.n.

aer. În sfîrșit, trebuie să avem în vedere faptul că în locul oxigenului „ars“ se formează bioxidul de carbon și vapori de apă. Este drept că primul se dizolvă în apă, dar vaporii rămîn, ocupînd în parte locul oxigenului.

CUM BEM?

Oare trebuie să ne punem și această întrebare? Desigur. Noi ducem la gură paharul sau lingura cu lichidul și „sorbim“ conținutul. Tocmai această „sorbire“ simplă a lichidului, cu care ne-am obișnuit atît, trebuie explicată. De ce lichidul curge în gură? Ce-l atrage? Cauza este următoarea: atunci cînd bem, lărgim cavitatea toracică, rarefiind astfel aerul din gură; sub presiunea aerului exterior lichidul pătrunde în spațiul în care presiunea este mai scăzută și astfel pătrunde în gura noastră.

Aici are loc același fenomen ca și în vasele comunicante cînd deasupra unuia dintre ele este rarefiat aerul: în acest vas nivelul lichidului se urcă sub acțiunea presiunii atmosferice. Dimpotrivă, dacă luăm în gură gîtul unei sticle, nu reușim cu nici un fel de eforturi „să sorbim“ din ea apă, pentru că atît în gură, cît și deasupra apei presiunea este aceeași.

Astfel, strict vorbind, noi nu bem numai cu gura, dar și cu plămînii; numai dilatarea plămînului este cauza care permite pătrunderea apei în gura noastră.

PÎLNIA PERFECȚIONATĂ

Cel care a turnat vreodată un lichid în sticlă cu ajutorul unei pîlnii știe că trebuie să ridice din cînd în cînd pîlnia, pentru că altfel lichidul nu mai curge. Aerul din sticlă care nu are pe unde să iasă reține în pîlnie lichidul. Este drept că o parte din lichid curge cîte puțin, astfel încît aerul din

sticlă se comprimă puțin sub acțiunea lichidului. Dar aerul comprimat într-un volum mai mic are o elasticitate mai mare, suficientă pentru a echilibra cu presiunea sa greutatea lichidului din pîlnie. Este ușor de înțeles că, ridicînd pîlnia, permitem ca aerul comprimat să iasă și lichidul începe atunci să curgă din nou.

De aceea este foarte practică o astfel de construcție a pîlniei încît partea ei îngustă să aibă niște creste exterioare care să împiedice ca suprafața pîlniei să vină în contact total cu gîtul sticlei.

O TONĂ DE LEMN ȘI O TONĂ DE FIER

Este bine cunoscută întrebarea care se pune în glumă: ce este mai greu — o tonă de lemn sau o tonă de fier? De obicei, răspunsul necugetat urmează imediat, provocînd rîsete vesele: se afirmă că o tonă de fier este mai grea decît una de lemn.

Probabil că se va rîde cu o poftă și mai mare dacă se va răspunde că o tonă de lemn este mai grea decît una de fier. O astfel de afirmație apare cu totul absurdă și totuși, strict vorbind, ea este justă!

Este vorba de faptul că legea lui Arhimede nu e valabilă numai pentru lichide, ci și pentru gaze. În aer, fiecare corp „pierde" din greutatea sa atît cît cîntărește volumul de aer dislocat de corpul respectiv.

Desigur că și lemnul și fierul pierd în aer o parte din greutatea lor. Pentru a obține greutatea lor reală trebuie adăugată această pierdere. Prin urmare, în cazul nostru greutatea reală a lemnului este egală cu o tonă + greutatea aerului ce ar fi cuprins în volumul ocupat de ele, iar greutatea reală a fierului este egală cu 1 tonă + greutatea fierului cuprins într-un volum egal cu volumul fierului.

Dar o tonă de lemn ocupă un volum mult mai mare decît o tonă de fier (de vreo 15 ori), de aceea greutatea reală a unei tone de lemn este mai mare decît greutatea reală a unei tone de fier! Mai exact vorbind, noi ar fi trebuit să spunem:

greutatea reală a acelei cantităţi de lemn care în aer cîntăreşte o tonă este m a i m a r e decît greutatea reală a acelei cantităţi de fier care cîntăreşte în aer de asemenea o tonă.

Deoarece tona de fier ocupă un volum de 1/8 m^3, iar o tonă de lemn circa 2 m^3, diferenţa în greutate a aerului dislocat de ele trebuie să fie de aproximativ 2,5 kg. Iată cu cît este de fapt mai grea o tonă de lemn decît una de fier!

OMUL CARE ŞI-A PIERDUT GREUTATEA

Visul de a deveni uşori ca un fulg sau chiar mai uşori decît aerul [1], pentru ca, eliberaţi de povara greutăţii noastre, să ne putem înălţa liber deasupra pămîntului la cele mai mari înălţimi, ne ispiteşte încă din copilărie. Dar, visînd la această plutire uşoară în spaţiu, uităm de obicei faptul că omul se poate mişca liber pe Pămînt numai pentru că este m a i g r e u d e c î t a e r u l.

De fapt „noi trăim pe fundul oceanului aerian", după cum a afirmat Torricelli, şi dacă dintr-o cauză oarecare am deveni dintr-o dată de o mie de ori mai uşori, mai uşori deci decît aerul, atunci ar trebui în mod inevitabil să ne ridicăm la suprafaţa acestui ocean aerian. Cu noi s-ar întîmpla ceea ce s-a petrecut cu husarul lui Puşkin: „Băui sticluţa toată şi ca un fulg mă înălţai". Noi ne-am înălţa pînă cînd am ajunge în acele regiuni unde densitatea aerului rarefiat este egală cu densitatea corpului nostru. Visul de a pluti liber deasupra munţilor şi văilor s-ar risipi ca un fum, pentru că, eliberîndu-ne de povara greutăţii noastre, am deveni prizonierii unei alte forţe, şi anume ai curenţilor atmosferici.

Scriitorul Wells a ales o astfel de situaţie neobişnuită drept subiect al uneia dintre povestirile lui ştiinţifico-fantastice.

---

[1] Contrar concepţiei obişnuite, fulgul nu numai că nu este mai uşor decît aerul, dar este chiar de sute de ori mai greu decît acesta. El pluteşte în aer numai pentru că suprafaţa sa este foarte mare, astfel încît rezistenţa pe care o opune aerul mişcării lui este mare în comparaţie cu greutatea fulgului.

Un om prea gras dorea să scape cu orice preţ de grăsimea lui. Iar povestitorul deţinea, pasămite, o reţetă miraculoasă care putea diminua greutatea oamenilor graşi. Grăsunul a obţinut reţeta, a luat medicamentul şi iată ce surpriză l-a aşteptat pe povestitor atunci cînd i-a făcut o vizită cunoscutului său:

Figura 71 — Hai, prietene, închide uşa, spuse Pyecraft.

„... Dar timp îndelungat uşa nu s-a deschis.

În cele din urmă s-a învîrtit cheia şi s-a auzit vocea lui Pyecraft.

— Intră!

Am apăsat pe clanţă şi am deschis uşa. Firește, mă aşteptam să-l văd pe domnul Pyecraft.

Aflaţi că nu era acolo.

Niciodată în viaţa mea nu am mai fost atît de surprins. Camera era într-o dezordine de neînchipuit, farfurii şi vase printre cărţi şi obiecte de scris, cîteva scaune răsturnate, iar Pyecraft...

— Hai, prietene, închide uşa, spuse el, şi atunci l-am descoperit.

Era tocmai sus, lîngă cornişă în colţ, aproape de uşă, de parcă l-ar fi lipit cineva de plafon. Pe faţă i se citeau îngrijorarea şi furia. Gîfîia şi gesticula.

— Închide uşa, repetă el.

Am închis uşa, am mai făcut cîţiva paşi, dar m-am oprit departe de el, cu privirile aţintite în sus.

— Dacă se rupe ceva şi cazi? l-am întrebat. O să-ţi frîngi gîtul, Pyecraft!

— Tare aş dori să se întîmple una ca asta, horcăi el.

— Un om de vîrsta şi greutatea dumitale să ajungă să se dedea la exerciţii copilăreşti de gimnastică!

— Nu vorbi așa! mă mustră, aruncîndu-mi o privire chinuită. Blestemata dumitale de străbunică...

— Ia seama! l-am prevenit.

— Las' că am să-ți povestesc eu! exclamă el și gesticulă.

— Cum naiba te ții agățată acolo sus? m-am mirat.

Apoi deodată mi-am dat seama că nu se ține de nimic, că plutea acolo sus exact așa cum ar fi plutit o băsică umplută cu gaz. Începu să se lupte, să se smulgă de lîngă plafon și să se tîrască de-a lungul peretelui pînă la mine.

— Iată efectul rețetei! gîfîi el. Străbunica dumi...

— Nu se poate! am strigat.

Pe cînd vorbea, se prinse cam neatent de o gravură înrămată, care nu rezistă, și-l văzui zburînd deodată din nou spre plafon, în timp ce tabloul căzu pe sofa și se sparse în bucăți. Se opri cu o izbitură în plafon și de abia atunci înțelesei de ce se albise peste tot pe părțile mai proeminente ale persoanei sale. Încercă din nou mai grijuliu, să coboare, ținîndu-se de policioara căminului.

Era într-adevăr un spectacol dintre cele mai extraordinare să-l vezi pe omul acela uriaș, gras, cu figura apoplectică, încercînd să coboare cu capul în jos din plafon pe podea.

— Rețeta aceea, spuse el, a reușit prea bine.

— Cum?

— Am pierdut greutatea... aproape în întregime. Atunci, bineînțeles, am priceput.

— Pentru dumnezeu, Pyecraft! am exclamat. Ceea ce-ți trebuia dumitale era un remediu împotriva grăsimii. Dar totdeauna o numeai greutate. Insistai s-o numești greutate...

Într-un fel eram deosebit de încîntat. Atunci Pyecraft mi-a plăcut într-adevăr.

— Lasă-mă să te ajut! i-am spus și, apucîndu-l de mînă, l-am tras jos. Dădea din picioare încoace și încolo, încercînd să se prindă de ceva. Era ca și cum aș fi ținut un steag într-o zi cu vînt.

— Masa aceea, spuse el arătînd cu mîna, este de mahon masiv și foarte grea. Dacă mă poți băga sub ea...

I-am îndeplinit dorința. În timp ce el se bălăbănea sub masă ca un balon captiv, eu stăteam pe covorul din fața căminului și-i vorbeam...

— Un lucru este evident că nu trebuie să-l faci, i-am spus. Dacă o să ieși afară din casă, te vei înălța din ce în ce mai sus...

I-am sugerat să se adapteze noilor sale condiţii. Astfel am ajuns la partea cu adevărat practică a chestiunii. L-am asigurat că nu poate fi greu să înveţe a merge încoace şi încolo pe plafon în mîini.

— Nu pot dormi, mi-a spus el.

I-am arătat că problema aceasta nu-i prea dificilă. Putem fixa pe plafon o somieră metalică, de care să legăm apoi cu nişte benzi o pătură, cearceaf şi o cuvertură care se încheie cu nasturi într-o parte.

I s-a adus în cameră o scară de bibliotecă şi toate mesele i se serveau sus, pe bibliotecă. De asemenea am descoperit un mijloc ingenios cu ajutorul căruia putea să coboare pe podea ori de cîte ori dorea. A fost pur şi simplu pusă în raftul de sus *Enciclopedia britanică* (ediţia a zecea). El n-avea decît să scoată cîteva volume, să le ţină în mînă şi începea să coboare.

Mi-am petrecut două zile întregi în apartamentul său. Sînt un om îndemînatic, care ştie să se servească de şurubelniţă, şi i-am făcut tot felul de adaptări ingenioase: am întins o sîrmă, pentru ca soneria să-i vină la îndemînă, am întors toate lămpile electrice astfel încît să lumineze în sus şi aşa mai departe.

Şedeam în camera lui lîngă foc, bîndu-i *whisky*-ul, iar el sus, în colţul preferat, lîngă cornişă, fixa de tavan cu ţinte un covor pluşat. Deodată îmi veni o idee.

— Dumnezeule, Pyecraft! am strigat. Dar toate astea sînt cu desăvîrşire inutile!

Şi înainte de a putea calcula toate consecinţele ideii mele, am lăsat să-mi scape secretul.

— Lenjeria de plumb! i-am spus şi răul era făcut.

Pyecraft a primit proiectul meu aproape în lacrimi.

— Să fiu din nou pe picioare, normal! ... exclamă el.

I-am destăinuit întreg secretul înainte de a-mi da seama unde mă va duce.

— Cumpără plumb în foi, l-am sfătuit. Ştanţează-l în formă de discuri. Coase cîte poţi peste tot, pe lenjerie. Procură-ţi ghete cu talpă de plumb, poartă o servietă plină cu plumb masiv şi gata! În loc să fii aici un prizonier, poţi ieşi din nou afară, Pyecraft, poţi călători...

O idee şi mai fericită îmi trecu prin minte.

— Şi nu va trebui să te temi niciodată de un naufragiu. Tot ce ai de făcut este să-ţi dezbraci repede o parte din haine,

să iei în mînă cantitatea necesară de bagaje şi să plutești în aer..."

La prima privire, toate acestea apar ca niște fenomene ce concordă întru totul cu legile fizicii. Dar unele dintre amănuntele povestirii nu pot fi acceptate fără obiecţii. Obiecţia cea mai serioasă este următoarea: chiar dacă grăsunul şi-ar fi pierdut greutatea, el totuşi nu s-ar fi înălţat spre tavan!

Într-adevăr, conform legii lui Arhimede, Pyecraft ar fi trebuit „să se înalţe" spre tavan în cazul cînd greutatea îmbrăcăminţii lui, cu întregul conţinut al buzunarelor, ar fi fost mai mică decît greutatea aerului dislocat de corpul lui voluminos. Nu este greu să calculăm greutatea aerului cuprins într-un volum egal cu volumul unui corp omenesc, dar să nu uităm că greutatea corpului nostru este aproape egală cu greutatea aceluiaşi volum de apă. Noi cîntărim în medie 60 de kilograme, apa cu acelaşi volum aproximativ tot atît, iar aerul cu densitatea obişnuită este de aproximativ 770 de ori mai uşor decît apa; prin urmare, într-un volum egal cu volumul corpului nostru aerul cîntăreşte 80 g. Oricît de gras ar fi fost mister Pyecraft, nu credem să fi cîntărit peste 100 kg şi, prin urmare, nu putea disloca peste 130 g. Oare hainele, încălţămintea, ceasul, portofelul şi toate celelalte obiecte ce le purta Pyecraft nu cîntăreau peste 130 g? Desigur că ele cîntăreau mai mult. Prin urmare, grăsunul ar fi trebuit să rămînă pe podea, ce-i drept într-o poziţie nu tocmai stabilă, dar totuşi fără să se înalţe spre tavan „asemenea unui balon". Numai complet dezbrăcat, Pyecraft s-ar fi putut înălţa spre tavan. Fiind însă îmbrăcat, el ar fi trebuit să fie asemenea unei mingi legate de un elastic; cel mai mic efort muscular, cea mai mică săritură l-ar fi ridicat mult deasupra Pămîntului, de unde el, în zilele fără vînt, ar fi coborît iarăşi lin pe suprafaţa Pămîntului.

CEASUL PERPETUU

Am examinat deja în această carte cîteva modele de *perpetuum mobile* imaginare şi am ajuns la concluzia imposibilităţii realizării lor. Vom vorbi acum despre un motor care

poate funcţiona un timp nedeterminat fără să-i purtăm de grijă, pentru că el se alimentează cu energia necesară din rezervele inepuizabile existente în mediul înconjurător.

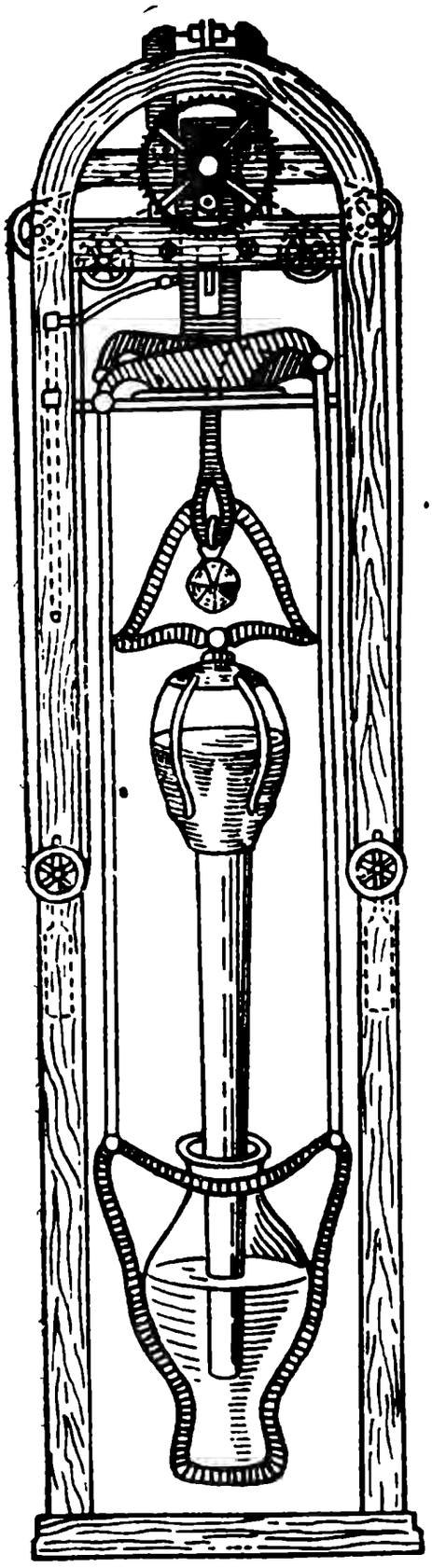


Figura 72 — Construcţia motorului „perpetuum" din secolul al XVIII-lea.

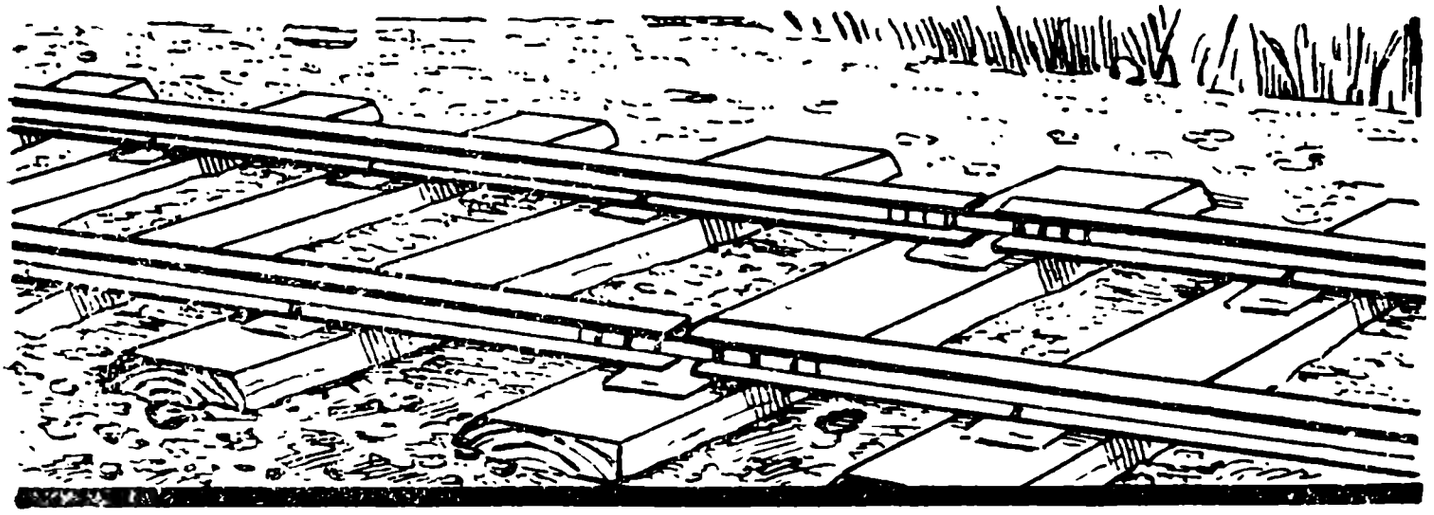
Desigur că aţi văzut cu toţii un barometru cu mercur sau metalic. În barometrul cu mercur, coloana cu mercur cînd se înalţă, cînd scade, în funcţie de variaţiile presiunii atmosferice; în cel metalic, din aceeaşi cauză, acul indicator oscilează mereu. În secolul al XVIII-lea un inventator a folosit aceste mişcări ale barometrului pentru a întoarce acul unui mecanism de ceasornic, construind astfel un ceas care mergea neîntrerupt, fără a mai fi nevoie să fie întors. Cunoscutul mecanic şi astronom englez Fergusson a văzut această invenţie interesantă, despre care a spus (în 1774) următoarele: „Am examinat ceasul descris mai sus, care este pus în mişcare continuă de variaţiile nivelului mercurului dintr-un barometru cu construcţie originală; nu am nici un motiv să cred că se va opri vreodată, pentru că forţa motoare acumulată în el ar fi suficientă pentru a-l face să meargă încă un an întreg chiar după înlăturarea totală a barometrului. Trebuie să spun cu toată sinceritatea că, aşa cum arată cunoaşterea amănunţită a acestui ceas, el reprezintă mecanismul cel mai ingenios văzut vreodată de mine, atît ca idee, cît şi ca execuţie".

Din păcate, acest ceas nu s-a păstrat pînă în vremurile noastre. El a fost furat şi nu se ştie unde se află. Au rămas însă schiţele construcţiei lui, făcute de susmenţionatul astronom, aşa încît există o posibilitate de reconstruire.

În componența mecanismului acestui ceas intră un barometru cu mercur de dimensiuni mari. Într-o urnă de sticlă suspendată într-un cadru și într-un balon mare răsturnat cu gura în jos, deasupra ei, se găseau aproximativ 150 kg de mercur. Ambele vase erau mobile unul față de celălalt; cu ajutorul unui sistem ingenios de pîrghii se făcea ca, la o creștere a presiunii atmosferice, balonul să coboare, iar urna să urce, iar la o descreștere a presiunii să se producă mișcarea inversă. Ambele mișcări fac să se rotească, totdeauna în aceeași parte, o mică roată dințată. Roata este imobilă numai cînd presiunea atmosferică rămîne constantă, dar în timpul pauzelor mecanismul ceasului continuă să funcționeze, datorită energiei acumulate anterior prin căderea greutăților. Nu este ușor să se realizeze ca greutățile să se ridice simultan și să pună în funcțiune mecanismul prin căderea lor. Dar ceasornicarii din vechime aveau un spirit destul de inventiv pentru a rezolva această problemă. S-a constatat chiar că energia de oscilație a presiunii atmosferice depășește considerabil nevoile, adică greutățile se ridicau mai repede decît coborau; de aceea a fost necesară construirea unui dispozitiv special pentru deconectarea periodică a greutăților atunci cînd ele atingeau punctul superior.

Este ușor de observat deosebirea dintre acest ceas și celelalte motoare „perpetue" asemănătoare față de *perpetuum mobile*. În motoarele *perpetue* energia nu se creează din nimic, cum visau inventatorii pentru *perpetuum mobile* al lor; ea este luată din afară, în cazul nostru din atmosfera înconjurătoare, unde este acumulată de razele solare. Motoarele *„perpetue"* practice ar fi fost tot atît de utile ca și niște *perpetuum mobile* reale dacă construcția lor nu ar fi fost prea scumpă în comparație cu energia pe care ar fi dat-o (după cum se și întîmplă în majoritatea cazurilor).

Ceva mai departe vom face cunoștință cu alte tipuri de motoare „perpetue" și vom arăta printr-un exemplu de ce folosirea industrială a unor asemenea mecanisme este, de regulă, cu totul dezavantajoasă.



Capitolul 6

FENOMENE TERMICE

CÎND ESTE MAI LUNGĂ CALEA FERATĂ MOSCOVA-LENINGRAD VARA SAU IARNA?

La întrebarea: Ce lungime are calea ferată Moscova-Leningrad? cineva a răspuns:

În medie 640 km ; vara cu 300 m mai mult decît iarna.

Acest răspuns neașteptat nu este atît de stupid cît s-ar părea la prima vedere. Dacă, vorbind despre lungimea căii ferate, ne referim la lungimea totală a șinelor, atunci ea trebuie cu adevărat să fie vara mai lungă decît iarna. Să nu uităm că la căldură șinele se dilată, lungindu-se cu peste 1/100 000 din lungimea lor la o creștere a temperaturii cu 1° C. În zilele toride de vară, temperatura șinei poate atinge 30—40° C și chiar mai mult; uneori șina este atît de puternic încălzită de soare, încît frige mîna. În timpul gerurilor de iarnă șinele se răcesc pînă la —25° C și mai jos. Dacă considerăm că diferența dintre temperatura de vară și cea de iarnă este de 55° C, atunci înmulțind lungimea totală a căii ferate de 640 km cu 0,00001 și cu 55, obținem aproximativ 1/3 km. Deci, într-adevăr, vara lungimea șinelor căii ferate care leagă Moscova de Leningrad este cu o treime de kilometru, adică cu aproximativ 300 m mai mare decît iarna.

Desigur că nu este vorba depre o schimbare a lungimii căii ferate, ci numai a sumei lungimilor tuturor șinelor. Aceste două lucruri nu sînt identice, deoarece șinele căii ferate nu sînt puse cap la cap, ci între ele sînt lăsate spații de rezervă pentru dilatarea lor liberă atunci cînd sînt încălzite de

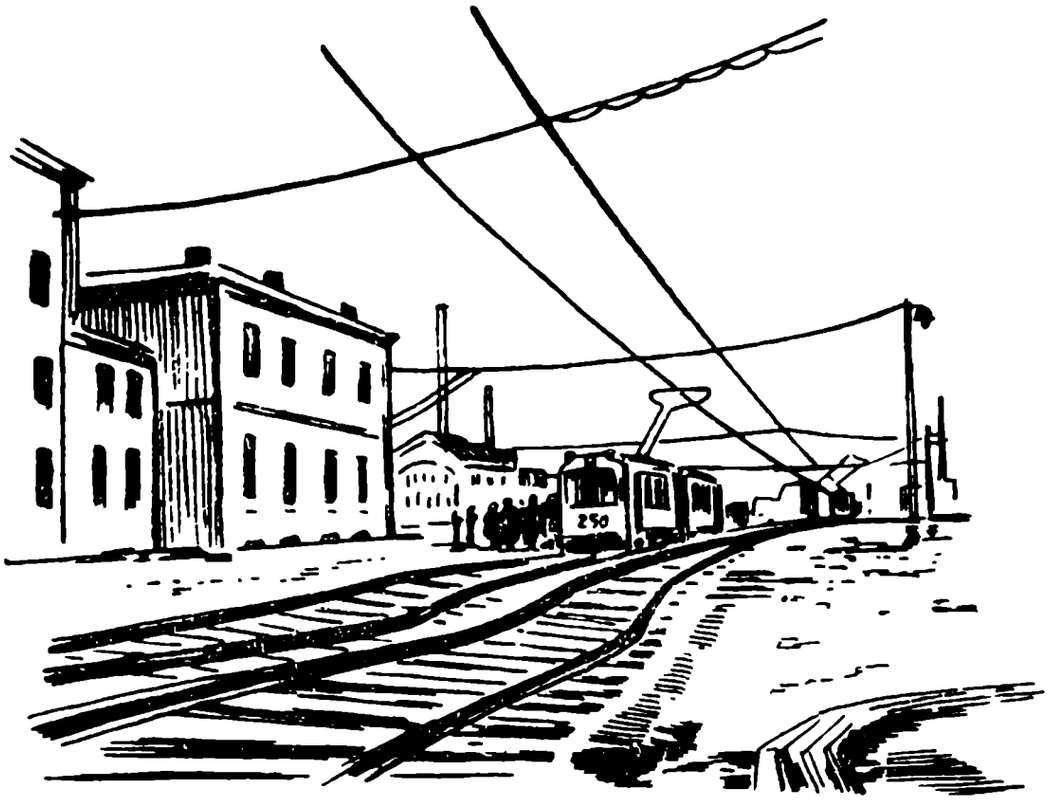


Figura 73 — Curbarea șinelor de tramvai ca rezultat al încălzirii lor puternice.

Soare[1]. Calculul nostru arată că suma lungimii tuturor șinelor crește pe seama lungimii totale a acestor spații de rezervă; în zilele calde de vară, alungirea totală atinge 300 m în com-

---

[1] La 0°C, pentru șinele cu lungimea de 8 m, acest spațiu de siguranță trebuie să fie de 8 mm. Pentru umplerea completă a unui astfel de spațiu este necesară o încălzire a șinelor pînă la 65°C. La construirea șinelor de tramvai nu se pot lăsa, din motive tehnice, astfel de spații. De obicei aceasta nu duce la curbarea șinelor, pentru că, ele fiind îngropate în pămînt, variațiile de temperatură nu sînt atît de mari; pe lîngă aceasta, însăși metoda folosită pentru legarea între ele a șinelor împiedică curbarea lor laterală. Totuși, dacă temperatura este foarte ridicată, atunci șinele de tramvai se curbează după cum arată figura 73 desenată după o fotografie.

Același lucru se întîmplă uneori și cu șinele de cale ferată. Astfel în pante, vagoanele trenului trag după ele în timpul mișcării lor șinele (uneori chiar împreună cu traversele); ca rezultat, în aceste sectoare spațiile de rezervă dintre șine dispar adesea și capetele șinelor se alătură.

paraţie cu lungimea totală a şinelor în timpul gerului. Astfel, partea de fier a căii ferate Moscova-Leningrad este într-adevăr mai lungă vara cu 300 m.

UN FURT NEPEDEPSIT

În fiecare iarnă, pe linia Leningrad-Moscova dispar fără urmă cîteva sute de metri de cablu telefonic şi telegrafic preţios, fără ca cineva să se sesizeze, deşi vinovatul este bine cunoscut.

Desigur că-l cunoaşteţi şi dumneavoastră: hoţul este gerul. Cele spuse despre şine sînt pe deplin valabile şi pentru cabluri, cu singura deosebire că firul telefonic realizat din cupru se lungeşte prin încălzire de 1,5 ori mai mult decît oţelul. Aici însă nu mai există nici un fel de spaţii de rezervă, de aceea putem afirma fără nici un fel de rezerve că linia telefonică Leningrad-Moscova este iarna cu vreo 500 de metri mai scurtă decît vara. În fiecare iarnă gerul fură, nepedepsit, aproape o jumătate de kilometru de cablu, fără a perturba însă în vreun fel funcţionarea telefonului sau a telegrafului şi înapoind cu regularitate cele furate o dată cu sosirea zilelor mai călduroase.

Dar dacă asemenea compresiuni suferă podurile şi nu cablurile, atunci consecinţele se fac uneori puternic simţite. Iată ce comunicau în 1927 ziarele despre un asemenea caz:

„Gerurile neobişnuite pentru Franţa, care au durat cîteva zile, au fost cauza unei serioase deteriorări a podului de peste Sena, chiar din centrul Parisului. Scheletul metalic al podului s-a comprimat din cauza frigului şi din această cauză dalele s-au ridicat, iar apoi au căzut. Podul este temporar impracticabil".

ÎNĂLŢIMEA TURNULUI EIFFEL

Dacă vom fi întrebaţi acum care este înălţimea turnului Eiffel, atunci, înainte de a răspunde: „300 m ", ne vom interesa desigur:

— Pe ce timp: rece sau cald?

Doar înălțimea unei asemenea construcții uriașe din fier nu poate fi aceeași la orice temperatură. Știm că o tijă de fier cu lungimea de 300 m se lungește cu 3 mm atunci cînd este încălzită cu un grad. Aproximativ tot cu atîta trebuie să crească și înălțimea turnului Eiffel atunci cînd temperatura crește cu 1° C. Pe timp cald și însorit, la Paris, materialul metalic al turnului se poate încălzi pînă la aproximativ +40°C, în timp ce în zilele reci și ploioase temperatura lui scade pînă la +10°C, iar iarna pînă la 0 și chiar —10°C (gerurile mari sînt rare la Paris). După cum vedem, oscilațiile de temperatură ating 40 și chiar mai multe grade. Prin urmare, înălțimea turnului Eiffel poate varia cu $3 \times 40 = 120$ mm sau cu 12 cm (cam cît lungimea acestui rînd de carte).

Măsurătorile făcute direct au arătat că turnul Eiffel este însă și mai sensibil la variațiile de temperatură decît aerul: el se încălzește și se răcește mai repede și reacționează mai devreme la apariția neașteptată a Soarelui într-o zi înnorată. Variațiile înălțimii turnului Eiffel au fost descoperite cu ajutorul unei sîrme dintr-un oțel special cu nichel, care are proprietatea de a nu-și schimba aproape de loc lungimea la variațiile de temperatură. Acest aliaj se numește *invar* (de la cuvîntul latin care înseamnă „neschimbat").

Astfel, într-o zi călduroasă, vîrful turnului Eiffel se înalță față de zilele reci cu o porțiune de fier lungă cît un rînd de carte și care nu costă nici o centimă în plus.

DE LA PAHARUL DE CEAI LA HIDROMETRU

Înainte de a turna ceaiul în pahare, o gospodină cu experiență, avînd grija de a nu le sparge, nu uită niciodată să pună în ele lingurițele, mai ales dacă acestea sînt de argint. Experiența de toate zilele a dus la folosirea unei metode foarte juste. Pe ce se bazează ea?

Să lămurim înainte de toate de ce în general paharele plesnesc cînd vin în contact cu apa fierbinte.

Cauza constă în dilatarea neuniformă a sticlei. Apa fierbinte turnată în pahar nu-i încălzește dintr-o dată pereții:

întîi se încălzește stratul interior al pereților, în timp ce stratul exterior nu reușește încă să se încălzească. Stratul interior încălzit se dilată imediat, în timp ce stratul exterior rămîne deocamdată neschimbat și, prin urmare, suferă o puternică presiune din interior. Are loc o ruptură: sticla plesnește.

Să nu credeți că vă veți asigura împotriva unor astfel de „surprize" folosind pahare din sticlă groasă. Tocmai astfel de pahare prezintă siguranța minimă; ele plesnesc mai des decît paharele subțiri. Acest lucru este firesc, pentru că peretele subțire se încălzește mai repede, în el se stabilește mai repede o temperatură uniformă și o dilatare egală, în timp ce în sticla groasă, care se încălzește mai greu, acest proces decurge mai încet.

Alegîndu-ne vasele din sticlă subțire, nu trebuie să uităm un lucru: trebuie să fie subțire și fundul, nu numai pereții laterali. Cînd se toarnă apă fierbinte, se încălzește mai ales fundul paharului; dacă el este gros, atunci paharul va plesni oricît de subțire i-ar fi pereții laterali. Plesnesc ușor și paharele și ceștile de porțelan care au la bază o ieșitură inelară groasă.

Cu cît vasul de sticlă este mai subțire, cu atît mai puțină grijă trebuie să avem la încălzirea lui. Chimiștii folosesc vase din sticlă foarte subțire și fierb apa în ele fără a-și face griji în privința integrității lor.

Desigur că un vas ideal ar fi acela care nu s-ar dilata de loc la încălzire. Extrem de puțin se dilată cuarțul: 15 — 20 de ori mai puțin decît sticla. Un vas gros din cuarț transparent poate fi încălzit oricît de mult: el nu va plesni. Putem arunca fără grijă vasul de cuarț, încălzit pînă la incandescență, în apă rece[1]. Aceasta se datorește în parte și faptului că conductibilitatea termică a cuarțului este mult mai mare decît cea a sticlei.

Paharele plesnesc nu numai dacă sînt încălzite, ci și dacă sînt răcite brusc. Cauza constă în comprimarea neuniformă: stratul exterior răcindu-se se comprimă și apasă puternic asupra

[1] Vasele de cuarț sînt convenabile pentru utilizare în laborator și pentru faptul că temperatura de topire a cuarțului este de 1700°C.

stratului interior care nu a reușit încă să se răcească și să se comprime. De aceea nu trebuie să punem la rece un borcan cu dulceață fierbinte etc.

Să ne întoarcem însă la linguriţa din pahar. Pe ce se bazează acţiunea ei protectoare?

O diferenţă mare de temperatură între stratul interior și cel exterior al pereţilor se creează numai atunci cînd în pahar se toarnă d i n t r - o d a t ă apă foarte fierbinte; apa potrivit de caldă nu produce o diferenţă de temperatură mare și, prin urmare, nici diferenţa de tensiune între diferitele părţi ale sticlei. Vasele nu plesnesc din cauza apei calde. Ce se întîmplă însă cînd în pahar se află linguriţa? Atingînd fundul, lichidul fierbinte, înainte de a încălzi sticla (care este rău conducătoare de căldură), reușește să cedeze o parte din căldura lui unui bun conducător de căldură, metalul; temperatura lichidului scade: din fierbinte el devine cald și, prin urmare, aproape inofensiv. Restul de ceai fierbinte turnat în pahare nu mai prezintă prea mult pericol pentru sticlă, întrucît aceasta este acum încălzită într-o oarecare măsură.

Prin urmare, linguriţa metalică (mai ales dacă ea este masivă) nivelează neuniformitatea de încălzire a paharului, preîntîmpinînd plesnirea sticlei.

Dar de ce este mai bine ca linguriţa să fie de argint? Fiindcă argintul este un bun conducător de căldură; linguriţa de argint absoarbe mai repede căldura din apă decît cea de cupru. Amintiţi-vă cît de tare frige mîna o linguriţă de argint așezată în paharul cu ceai fierbinte! După acest indiciu puteţi chiar determina fără greș materialul linguriţei: cea de cupru nu frige degetele.

Dilatarea neuniformă a pereţilor de sticlă amenință nu numai integritatea paharelor de ceai, dar și a părţilor celor mai importante ale cazanelor cu abur, a apometrelor acestora, cu ajutorul cărora se stabilește nivelul apei în cazan. Straturile interioare ale acestor tuburi de sticlă, încălzite de aburii fierbinţi și de apă, se dilată mai mult decît cei exteriori. La tensiunea determinată de această cauză se mai adaugă presiunea puternică a aburului și a apei în tub, lucru care poate duce cu ușurinţă la spargerea acestuia. Pentru a preîntîmpina aceasta, tuburile apometrelor se con-

fecţionează uneori din două straturi de sticlă de calităţi diferite: stratul interior are un coeficient de dilatare mai mic decît stratul exterior.

LEGENDA DESPRE CIZMA CARE NU POATE FI ÎNCĂLŢATĂ DUPĂ BAIE

„De ce iarna ziua este scurtă şi noaptea lungă, iar vara este invers? Iarna ziua este scurtă pentru că, asemenea tuturor obiectelor vizibile şi invizibile, ea se comprimă din cauza frigului, iar noaptea se dilată, încălzindu-se de la lumînările şi felinarele aprinse."

Acest raţionament curios al unuia dintre eroii dintr-o povestire a lui Cehov ne amuză prin naivitatea lui. Dar oamenii care-şi bat joc de asemenea raţionamente „savante" creează ei înşişi uneori teorii care uneori nu sînt cu mult mai reuşite. Cine nu a auzit sau chiar citit despre cizma care, se spune, nu poate fi trasă pe piciorul înfierbîntat pentru că „prin încălzire a crescut volumul piciorului"? Acest exemplu a devenit aproape clasic, cu toate că i se dă o explicaţie cu totul eronată.

Înainte de toate, în baie temperatura omului nu se schimbă aproape de loc. Creşterea temperaturii corpului în baie nu depăşeşte 1^0C şi numai la baia cu abur atinge 2^0C. Organismul uman luptă cu succes împotriva influenţelor calorice ale mediului înconjurător şi-şi menţine temperatura proprie la un anumit nivel.

Dar la o încălzire cu 1—2^0C, creşterea volumului corpului nostru este atît de mică, încît ea nu poate fi observată la încălţarea cizmei. Coeficientul de dilatare a părţilor tari şi moi ale corpului omenesc nu depăşeşte cîteva zecimi de miimi. Prin urmare, lăţimea tălpii şi lăţimea gleznei nu au putut creşte decît cu o sutime de centimetru. Oare cizmele se confecţionează cu o exactitate de pînă la 0,01 cm (grosimea unui fir de păr)?

Faptul este totuşi incontestabil: după baie îţi tragi greu cizmele. Cauza însă nu constă într-o dilatare termică, ci în

afluxul de sînge, în umflarea învelișului exterior, în faptul că suprafața pielii este umedă și în alte fenomene asemănătoare, care nu au nimic comun cu dilatarea termică.

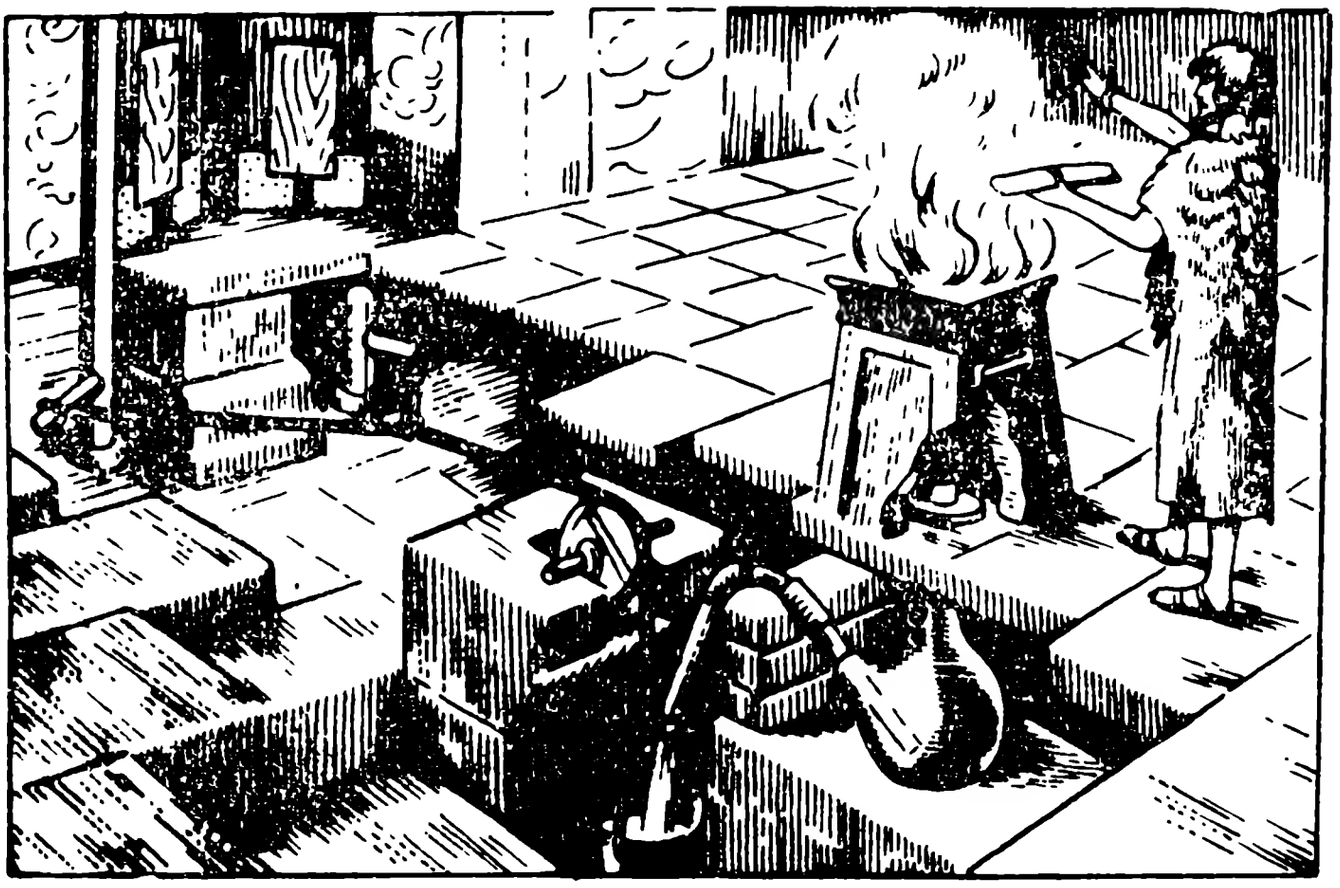


Figura 74 — Adevărul asupra unei „minuni" a preoților egipteni: ușile templului sînt deschise datorită acțiunii focului sacru.

CUM SE ARANJAU MINUNILE

Învățatul grec din antichitate Heron din Alexandria, inventatorul fîntînii care-i poartă numele, ne-a lăsat descrierea a două metode ingenioase cu ajutorul cărora preoții egipteni amăgeau poporul, insuflîndu-i credința în minuni.

În figura 74 vedeți un altar metalic gol în interior, iar sub el, la subsol, un mecanism mascat care pune în mișcare ușile templului. Altarul se află în exterior. Cînd se făcea foc, atunci aerul din interiorul lui, fiind încălzit, apăsa mai puternic asupra apei din vasul ascuns sub podea; din vas, apa era împinsă în tub și curgea în căldarea care, coborînd, punea în funcțiune mecanismul ce deschidea ușa (fig. 75). Asistența

uimită, care nu bănuia că sub podea ar exista o instalaţie de acest fel, vedea o „minune“: îndată ce focul se aprindea pe altar, porţile templului, „înduplecate de rugăciunea preoţilor“, se deschideau singure ....

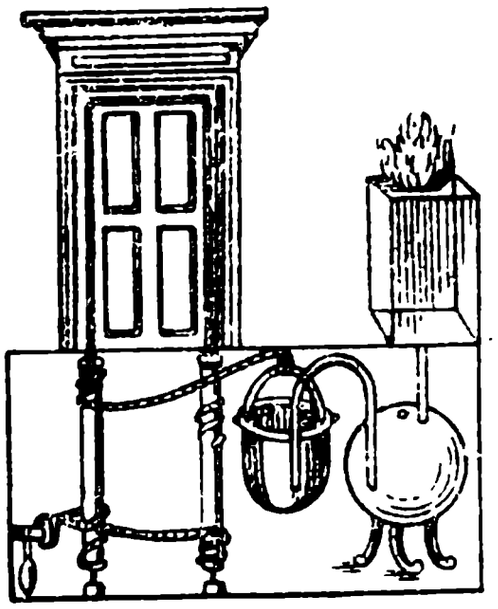


Figura 75 — Schema dispozitivului cu care erau prevăzute porţile templului ce se deschideau de la sine cînd pe altar era arpins focul (compară cu fig. 74).

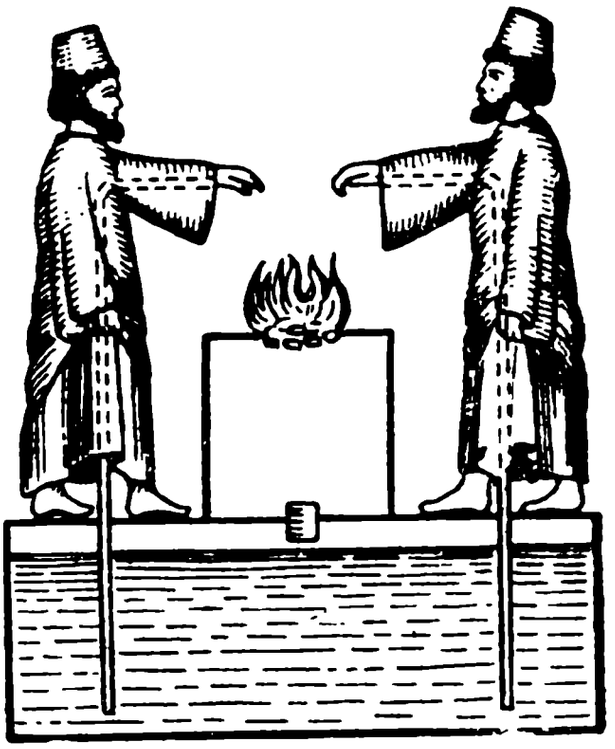


Figura 76 — O altă „minune“ din antichitate: uleiul curge singur în focul sacru.

O altă „minune “ pusă la cale de preoţi este reprezentată în figura 76. Cînd pe altar ardea focul, atunci aerul, dilatîndu-se, apăsa asupra uleiului din rezervorul de sub el, acesta se ridica pe ţevile mascate în interiorul figurinelor de preoţi şi atunci uleiul începea să curgă singur în foc... Dar dacă preotul, în a cărui grijă era acest altar, scotea pe neobservate dopul din capacul rezervorului, atunci uleiul înceta să mai curgă (pentru că surplusul de aer ieşea liber prin orificii); preoţii recurgeau la acest subterfugiu atunci cînd prinosul credincioşilor era prea sărăcăcios.

UN CEAS CARE NU TREBUIE ÎNTORS

Am descris mai înainte un ceas care nu trebuie întors (mai exact, care nu necesită să fie întors în mod special) şi al cărui dispozitiv se bazează pe variaţiile presiunii atmo-

sferice. Descriem acum un ceas asemănător, bazat pe dilatația termică.

Mecanismul lui este reprezentat în figura 77. Partea principală, tijele Z_1 și Z_2, sînt confecționate dintr-un aliaj metalic special, cu un coeficient de dilatare mare. Tija Z_1 se sprijină pe dinții roții X, astfel încît, la o alungire a acestei tije de pe urma creșterii temperaturii, roata dințată se rotește puțin. Tija Z_2 prinde dinții roții Y și, atunci cînd se scurtează din cauza frigului, o rotește în același sens. Ambele roți sînt așezate pe același arbore W, la a cărui rotire se mișcă și roata mare cu cupe. Cupele prind mercurul aflat în jgheabul de jos și-l transportă în cel de sus; de aici mercurul curge spre roata din stînga, care este prevăzută și ea cu cupe; umplîndu-le pe acestea din urmă, mercurul pune în mișcare roata; totodată se pune în mișcare și lanțul KK, care este trecut prin roțile K_1 (de pe arborele W_2 comun cu roata mare) și K_2; aceasta din urmă întoarce arcul ceasului.

Ce se întîmplă cu mercurul care s-a scurs din cupele roții din stînga? El se scurge pe jgheabul înclinat R_1 și vine din nou sub roata din dreapta pentru a-și reîncepe circuitul.

După cum vedem, mecanismul trebuie să funcționeze fără oprire atît timp cît se vor lungi sau se vor scurta tijele Z_1 și Z_2. Prin urmare, pentru ca ceasul să fie întors este necesar doar ca temperatura aerului să varieze, crescînd și descrescînd. Dar aceasta se întîmplă de la sine, fără a necesita vreun efort din partea noastră; orice variație de temperatură a aerului înconjurător provoacă o alungire sau o scurtare a tijei, întorcînd astfel încet, dar continuu, arcul ceasului.

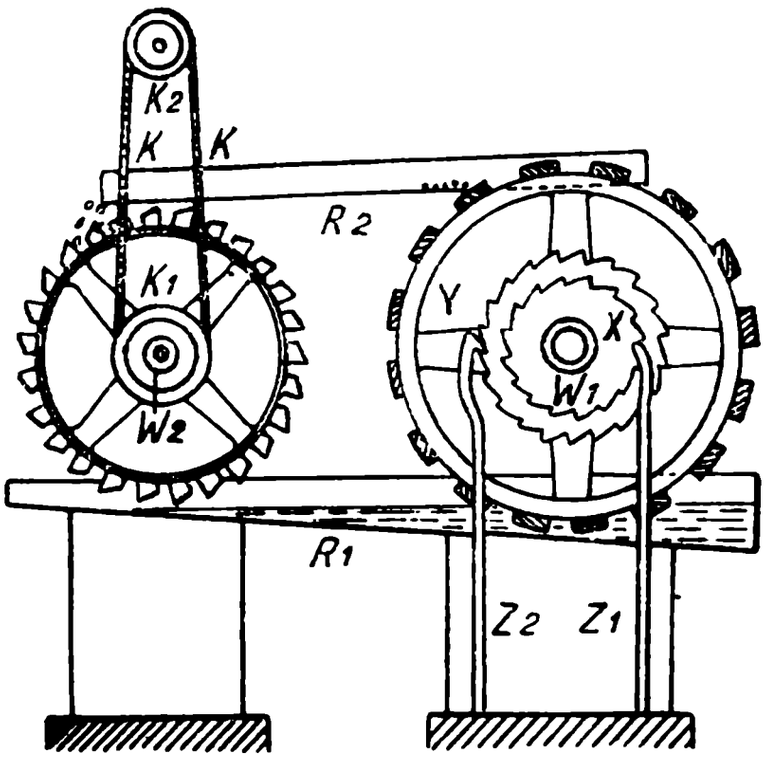


Figura 77 — Ceasul care se întoarce singur.

Poate fi numit un astfel de ceas *perpetuum mobile*? Desigur că nu. Ceasul va funcționa un timp nedeterminat de lung, pînă cînd se va uza mecanismul, dar sursa lui de energie este

căldura aerului înconjurător; lucrul de dilatație termică este acumulat de acest ceas în porții mici, pentru a fi consumat continuu pentru mișcarea acelor de ceasornic. Acesta este un motor „fără cheltuieli", pentru că nu necesită nici o îngrijire și nici cheltuieli pentru întreținerea mișcării

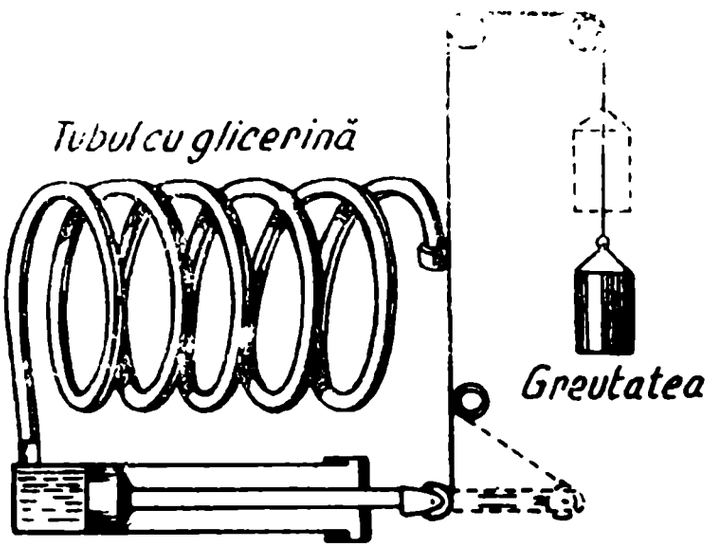


Figura 78 — Schema construcției unui alt model de ceas cu autoîntoarcere.

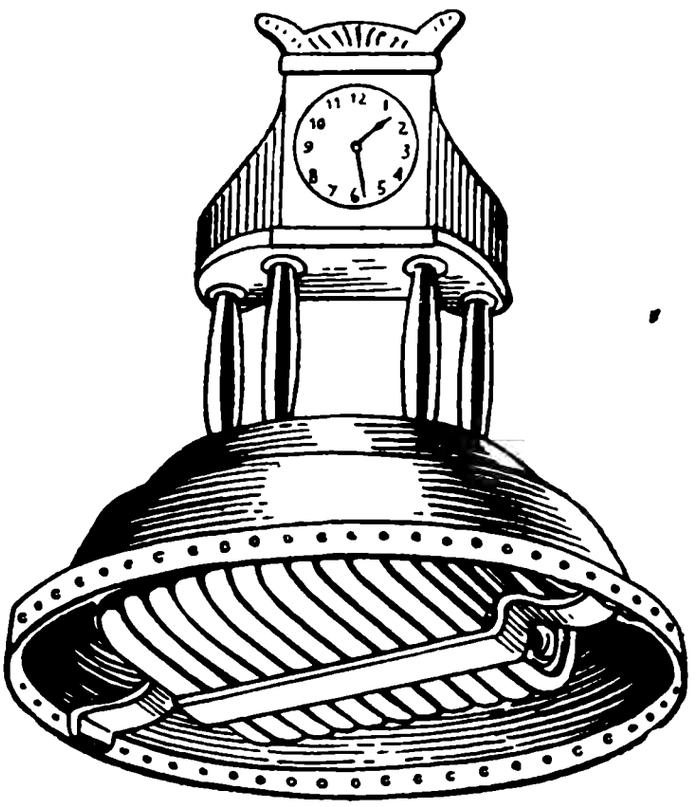


Figura 79 — Ceas care se întoarce singur; în soclul lui este închis un tub cu glicerină.

sale. El nu creează însă energie din nimic: sursa primară a energiei sale este căldura Soarelui care încălzește Pământul.

Un alt model de ceas care nu trebuie întors este reprezentat în figurile 78 și 79. Aici partea principală o constituie glicerina, care se dilată o dată cu creșterea temperaturii aerului și ridică o mică greutate; căderea acestei greutăți pune în mișcare mecanismul ceasului. Deoarece glicerina se solidifică la 30° C și fierbe la 290° C, acest mecanism este utilizabil în piețele publice și în alte locuri descoperite. O variație de 2° C este deja suficientă pentru a asigura funcționarea unui astfel de ceas. Un exemplar de acest gen a fost experimentat timp de un an, dînd rezultate pe deplin satisfăcătoare, deși mecanismul lui nu a fost atins în acest timp de nici o mînă.

Este oare avantajoasă construirea după acest principiu a unor motoare mai mari? La prima privire s-ar părea că un astfel de motor „fără cheltuieli" ar trebui să fie foarte economic. Calculul indică însă un rezultat cu totul diferit. Pentru a întoarce un ceas să meargă 24 de ore este necesară doar o

energie de 1/7 kgf.m. Revine deci o a 600 000-a parte de kilogram forță metru pe s e c u n d ă; deoarece un cal-putere este egal cu 75 kgf.m/s, înseamnă că puterea unui mecanism de ceas reprezintă doar o a 45 000 000-a parte dintr-un cal-putere. Prin urmare, dacă presupunem că tijele dilatabile ale primului ceas sau al dispozitivului ceasului al doilea costă cel puțin o copeică, atunci investițiile de capital pentru un cal putere al unui asemenea motor ar fi de

o copeică $\times$ 45 000 000 = 450 000 de ruble.

Aproape o jumătate de milion de ruble pentru un cal-putere! Cam prea mult pentru un motor „fără cheltuieli“...

O ȚIGARĂ INSTRUCTIVĂ

Pe cutia de chibrituri este așezată o țigară (fig. 80). Fumul iese la ambele capete. Dar fumul care iese prin carton c o b o a r ă, în timp ce la capătul celălalt el se î n a l ț ă. De ce? S-ar părea că la ambele capete iese același fum.

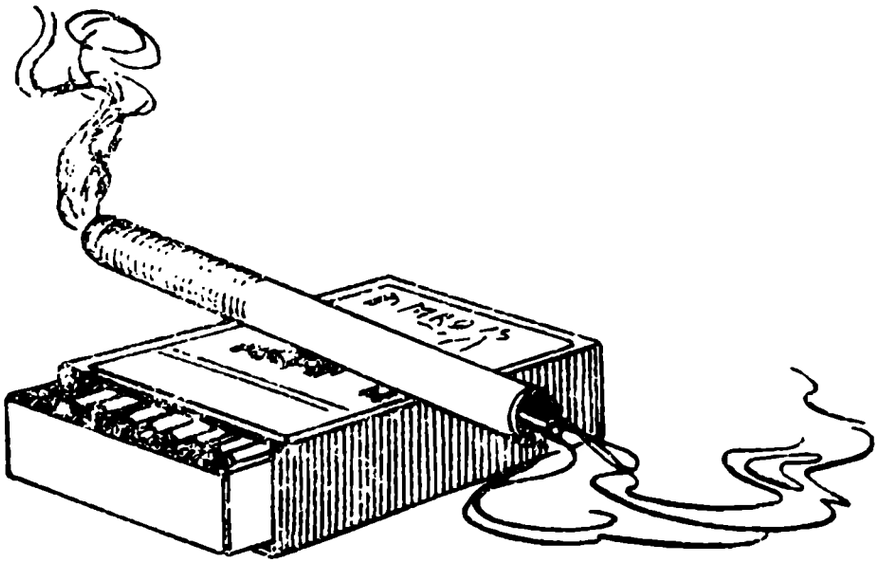


Figura 80 — De ce fumul țigării se ridică la un capăt în sus, iar la celălalt coboară?

Da, fumul este același, dar la capătul aprins al țigării există un curent ascendent de aer încălzit care antrenează particulele de fum. Aerul însă care trece împreună cu fumul prin cartonul țigării, se răcește și nu se mai înalță, iar particulele de fum, fiind mai grele decît aerul, coboară.

GHEAȚA CARE NU SE TOPEȘTE ÎN APĂ CLOCOTITĂ

Luați o eprubetă, umpleți-o cu apă, cufundați în ea o bucățică de gheață și, pentru ca aceasta să nu se ridice la suprafață (gheața e mai ușoară decît apa), apăsați-o cu o alice de plumb, o mică greutate de cupru etc.; aveți totuși grijă ca apa să aibă accesul liber la gheață. Apropiați acum eprubeta de flacăra unei lămpi cu spirt, astfel încît flacăra să încălzească doar partea de sus a eprubetei (fig. 81). În curînd apa începe să fiarbă, degajînd nori de vapori. Dar se întîmplă un lucru curios: gheața de la fundul eprubetei nu se topește! Parcă am avea în fața noastră o mică minune: gheață care nu se topește în apă clocotită...

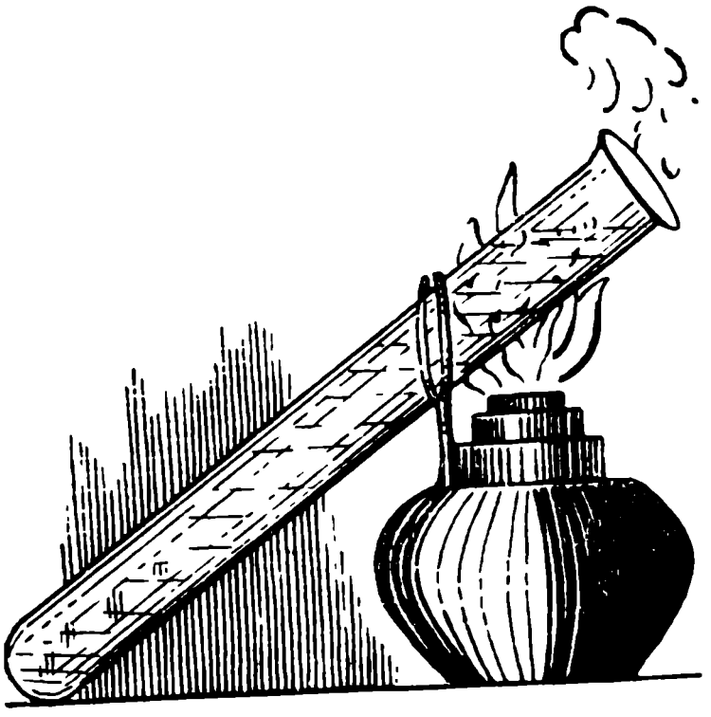


Figura 81 — În partea de sus apa fierbe, dar gheața de la fund nu se topește.

Secretul constă în aceea că la fundul eprubetei apa nu fierbe, ci rămîne r e c e; ea fierbe numai în partea superioară. Nu avem „gheață în apă clocotită", ci „gheață sub apă clocotită". Dilatîndu-se din cauza căldurii, apa devine mai ușoară și nu coboară la fund, ci rămîne în partea de sus a eprubetei. Curenții de apă caldă și amestecarea straturilor se vor produce numai în partea de sus a eprubetei, fără a cuprinde și păturile dense din partea de jos. Încălzirea poate fi transmisă în jos numai prin conductibilitatea termică, care la apă este foarte mică.

PE GHEAȚĂ SAU SUB GHEAȚĂ?

Dorind să încălzim apa, așezăm vasul cu apă pe flacără și nu alături de ea. Astfel procedăm pe deplin corect, pentru că aerul încălzit de flacără devine mai ușor, este împins din toate părțile în s u s și se înalță în jurul vasului nostru.

Prin urmare, așezînd corpul care urmează a fi încălzit d e a s u p r a flăcării, folosim în modul cel mai util căldura dată de sursă.

Dar cum trebuie să procedăm dacă vrem, dimpotrivă, s ă r ă c i m un corp oarecare cu ajutorul gheții? În virtutea obișnuinței, mulți așază obiectul d e a s u p r a gheții, de exemplu vasul cu lapte direct pe gheață. Procedeul acesta nu este corect: aerul de deasupra gheții, răcindu-se c o b o a r ă, fiind înlocuit cu aerul înconjurător, care este cald. De aici rezultă o concluzie practică: dacă vreți să răciți o băutură sau o mîncare nu o așezați pe g h e a ț ă, c i s u b g h e a ț ă.

Să dăm o explicație mai amănunțită. Dacă așezăm vasul cu apă pe gheață, atunci se va răci numai pătura inferioară de lichid, restul fiind înconjurat de aer nerăcit. Dimpotrivă dacă așezăm o bucată de gheață pe capacul vasului, atunci răcirea conținutului va decurge mai repede. Straturile superioare de lichid răcite vor coborî, fiind înlocuite de lichidul cald care se ridică în sus, pînă cînd se va răci întregul conținut al vasului[1]. Pe de altă parte, aerul răcit din jurul gheții va coborî și el și va înconjura vasul.

DE CE „TRAGE" DE LA O FEREASTRĂ ÎNCHISĂ

Adesea constatăm că de la o fereastră bine închisă și care nu are nici cea mai mică crăpătură „trage". Acest lucru pare straniu. Cu toate acestea, nu este nimic de mirare.

Aerul camerei nu se află niciodată în repaus; în el există curenți invizibili, generați de încălzirea și de răcirea aerului. În urma încălzirii, aerul se rarefiază, devenind, prin urmare, mai ușor; din cauza răcirii, dimpotrivă, el devine mai dens și, ca atare, mai greu. Aerul ușor, încălzit de calorifer sau de sobă, este împins de aerul rece în sus, spre tavan, iar aerul rece de lîngă ferestre sau pereții reci, fiind mai greu, se scurge în jos, spre podea.

---

[1] Apa distilată nu se răcește pînă la 0°C, ci numai pînă la o temperatură de 4°C, la care ea are densitatea maximă. Dar, în practică, nici nu este nevoie ca băutura să fie răcită pînă la zero grade.

Acești curenți din cameră pot fi descoperiți ușor cu ajutorul unui balon umplut cu aer dacă atîrnăm de acesta o greutate mică pentru ca să nu urce spre tavan, ci să plutească liber. Lansat în apropierea sobei încălzite, un astfel de balon călătorește prin cameră antrenat de curenții de aer invizibili: de la sobă spre tavan în direcția ferestrei, de unde coboară spre podea, înapoindu-se spre sobă, reluîndu-și apoi drumul parcurs.

Iată de ce avem iarna senzația că „trage" de la fereastră, mai ales la picioare, deși ea este atît de bine închisă încît aerul rece de afară nu poate pătrunde prin crăpături.

O MORIȘCĂ CU MISTERE

Tăiați un dreptunghi dintr-o foiță subțire de țigară, îndoiți-l de-a lungul medianelor și îndreptați-l din nou; veți ști acum unde este centrul de greutate al figurii astfel obținute. Așezați acum foița pe vîrful unui ac înfipt într-un suport, astfel încît vîrful să vină exact în centrul de greutate.

Hîrtia este în echilibru. Dar la un suflu cît de mic, ea începe să se rotească pe vîrful acului.

Deocamdată nu găsim nimic misterios în acest dispozitiv simplu. Dar apropiați de el mîna așa cum se arată în figura 82; apropiați-o încet, astfel încît hîrtia să nu fie împinsă de curentul de aer. Veți vedea un lucru surprinzător: foița începe să se rotească, întîi încet, apoi tot mai repede. Depărtați mîna și mișcarea va înceta. Apropiați-o și mișcarea va începe.

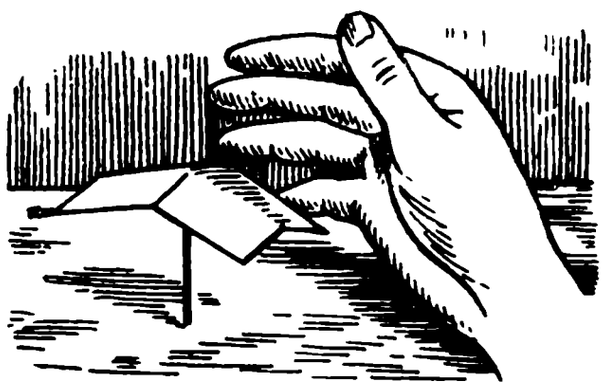


Figura 82 — De ce se învîrtește foița?

Prin deceniul al optulea al secolului trecut, această rotire misterioasă îi făcea pe mulți să creadă că corpul nostru posedă proprietăți supranaturale. Amatorii de lucruri mistice găseau în această experiență confirmarea învățăturii lor nebuloase despre un fluid misterios pe care-l

emană corpul omenesc. Şi, totuşi, cauza acestui fenomen este cît se poate de firească şi de simplă: aerul încălzit de mina noastră se ridică în sus şi, presînd hîrtia, o forţează să se rotească, asemenea binecunoscutului „şarpe“ în spirală care se roteşte deasupra lămpii, pentru că, îndoind hîrtia, suprafeţele ei au căpătat o oarecare înclinare.

Un observator atent poate remarca că morişca descrisă mai sus se roteşte într-o anumită direcţie: de la încheietură, de-a lungul palmei, spre degete. Aceasta se explică prin diferenţa de temperatură a diferitelor părţi ale mîinii: degetele sînt mult mai reci decît palma; de aceea în apropierea palmei se formează un curent de aer ascendent mai puternic, care loveşte deci mai puternic foiţa decît curentul produs de căldura degetelor [1].

ŞUBA ÎNCĂLZEŞTE?

Ce-aţi spune dacă cineva ar încerca să vă convingă că şuba n u v ă î n c ă l z e ş t e d e l o c? Aţi crede, desigur, că este o glumă. Dar dacă această afirmaţie v-ar fi demonstrată cu o serie de experienţe? Faceţi, de exemplu, experienţa următoare.

Notaţi-vă cîte grade indică termometrul şi înveliţi-l într-o şubă. După cîteva minute scoateţi-l. Vă veţi convinge că el nu indică nici un sfert de grad mai mult decît înainte. Iată o demonstraţie a afirmaţiei că şuba nu încălzeşte. Aţi putea ajunge chiar la o concluzie că şuba r ă c e ş t e. Luaţi două baloane cu gheaţă; înveliţi unul din ele în şubă, iar celălalt lăsaţi-l descoperit în cameră. Cînd gheaţa din cel de-al doilea balon se topeşte, desfaceţi şuba; veţi vedea că în acest balon gheaţa abia a început să se topească. Prin urmare, şuba nu

---

[1] Se poate de asemenea menţiona că dacă avem frisoane sau, în general, o temperatură ridicată, atunci morişca se roteşte mult mai repede. Într-un timp acestui mic dispozitiv, care-i deruta pe mulţi, i-a fost chiar consacrat un mic studiu fizico-fiziologic, prezentat la o sesiune a Societăţii medicale din Moscova în 1876.

numai că nu a încălzit gheața, dar parcă a și răcit-o, încetinindu-i topirea.

Ce se poate obiecta aici? Cum pot fi infirmate aceste dovezi?

În nici un fel. Este o realitate faptul că șubele nu încălzesc, desigur dacă prin cuvîntul „a încălzi" înțelegem o transmitere a căldurii. Lampa încălzește, soba încălzește, încălzește și corpul omenesc, pentru că toate aceste obiecte sînt surse de căldură. Dar, în acest înțeles al cuvîntului, șuba nu încălzește de loc. Ea nu-și cedează căldura proprie, ci împiedică doar îndepărtarea căldurii corpului nostru. Iată de ce un animal cu sînge cald, al cărui corp este el însuși o sursă de căldură, simte mai multă căldură dacă e învelit cu șuba decît dacă nu o are. Dar termometrul nu generează căldură proprie și temperatura lui nu se schimbă în urma învelirii cu șuba. Gheața învelită în șubă își păstrează mai mult timp temperatura ei scăzută pentru că șuba, care este foarte rău conducătoare de căldură, împiedică pătrunderea căldurii dinafară, de la aerul camerei.

Tot ca o șubă, în același înțeles al cuvîntului, zăpada încălzește pămîntul; asemenea tuturor corpurilor sub formă de pulbere, ea este rău conducătoare de căldură și împiedică degajarea căldurii din solul pe care-l acoperă. În solul acoperit cu zăpadă, termometrul indică uneori cu vreo zece grade mai mult decît în solul neacoperit.

Astfel, la întrebarea dacă vă încălzește sau nu șuba, trebuie să răspundeți doar că șuba ne ajută să ne încălzim pe noi înșine. Ar fi fost mai corect să spunem că noi încălzim șuba și nu ea pe noi.

CE ANOTIMP AVEM SUB PICIOARE?

Cînd la suprafața Pămîntului este vară, ce anotimp avem, de exemplu, la o adîncime de trei metri?

Credeți că și acolo este vară? Vă înșelați! La suprafața Pămîntului și în adîncurile lui nu sînt aceleași anotimpuri,

după cum s-ar crede. Solul este foarte rău conducător de căldură. La Leningrad, conductele de apă așezate la adîncimea de 2 m nu îngheață nici în lunile de iarnă cele mai reci. Oscilațiile de temperatură care au loc pe suprafața Pămîntului se propagă în adîncime foarte încet și ajung la diferitele lui straturi cu o întîrziere foarte mare. Măsurătorile directe efectuate, de exemplu, la Sluțk (regiunea Leningrad) au arătat că momentul cel mai cald al anului ajunge la adîncimea de 3 m cu o întîrziere de 76 de zile, iar cel mai rece cu o întîrziere de 108 zile. Aceasta înseamnă că dacă pe Pămînt ziua cea mai călduroasă a anului a fost, să zicem, la 25 iulie, atunci la adîncime de 3 metri ea va fi marcată numai la 9 octombrie! Dacă ziua cea mai rece a fost la 15 ianuarie, atunci, la adîncimea indicată, ea va ajunge abia în mai! Pentru păturile mai adînci ale scoarței aceste întîrzieri vor fi și mai mari.

O dată cu adîncimea, oscilațiile de temperatură nu numai că întîrzie, dar și slăbesc, atenuîndu-se complet la o anumită adîncime: tot anul, de-a lungul veacurilor, acolo este o temperatură constantă, egală cu temperatura medie anuală a locului respectiv. În pivnițele Observatorului din Paris, aflate la o adîncime de 28 m, este păstrat de un veac și jumătate un termometru, așezat aici încă de Lavoisier, și în acest răstimp el nici nu s-a clintit din loc, indicînd aceeași temperatură (+11,7°C).

Astfel, în solul pe care pășim nu este niciodată același anotimp ca și pe suprafața lui. Cînd pe suprafața Pămîntului este iarnă, la o adîncime de trei metri este încă toamnă, ce e drept nu acea toamnă pe care am avut-o la suprafață, ci cu o temperatură ceva mai ridicată; cînd pe pămînt e vară, în adîncurile lui ajung ecourile slabe ale gerului de iarnă.

Este important să avem în vedere acest fapt ori de cîte ori este vorba despre condițiile de viață ale animalelor subpămîntene (de exemplu larva cărăbușului) și a părților subterane ale plantelor. Nu trebuie să ne mire, de exemplu, faptul că în rădăcinile copacilor înmulțirea celulelor are loc tocmai în jumătatea rece a anului și activitatea cambiului încetează în aproape întreg sezonul cald, adică exact invers față de tulpina ce se înalță deasupra solului.

Priviţi figura 83: un ou fierbe în apa dintr-un pahar de hîrtie. „Dar hîrtia se va aprinde imediat şi apa va stinge lampa“, veţi exclama dumneavoastră. Încercaţi să faceţi această experienţă, folosind o hîrtie groasă de pergament fixată bine de o sîrmă. Vă veţi convinge că hîrtia nu va avea de suferit din cauza focului. Cauza acestui fenomen este faptul că, într-un vas deschis, apa nu poate fi încălzită decît pînă la temperatura de fierbere, adică 100°C; de aceea apa încălzită avînd totodată şi o mare capacitate de absorbţie a căldurii, absorbind surplusul de căldură a hîrtiei, nu-i permite să depăşească cu mult 100°C, adică să fie în pericol să se aprindă. (Mai practică este folosirea unei cutii de hîrtie de dimensiuni nu prea mari, cu forma reprezentată în figura 84.) Hîrtia nu se aprinde chiar dacă vine în contact cu flacăra.

Figura 83 — Oul fierbe în oală de hîrtie.

Din aceeaşi categorie de fenomene face parte şi experienţa pe care o fac fără voia lor unii oameni distraţi, punînd să se încălzească un samovar fără apă: samovarul se topeşte. Cauza este uşor de înţeles: aliajul de lipit se topeşte relativ uşor şi numai contactul direct cu apa îl fereşte de creşterea periculoasă a temperaturii. De asemenea nu trebuie încălzite fără apă cratiţele lipite. La vechile mitraliere Maxim, încălzirea apei ferea arma de topire.

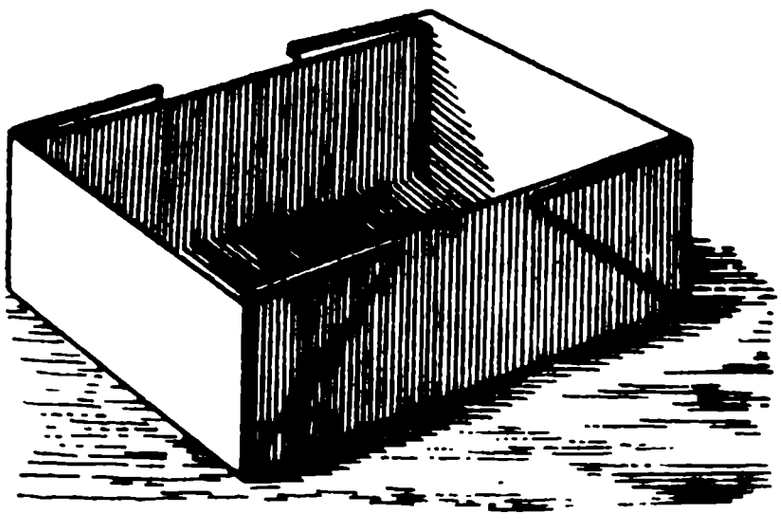


Figura 84—Cutia de hîrtie pentru fierberea apei.

Puteţi de asemenea să topiţi o plombă de plumb într-o cutioară confecţionată dintr-o carte de joc. Trebuie doar să supuneţi la acţiunea flăcării tocmai acea parte a hîrtiei care vine în contact direct cu plumbul: metalul, ca un bun condu-

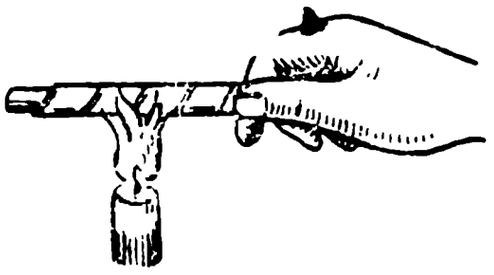


Figura 85 — Hîrtia neinflamabilă.

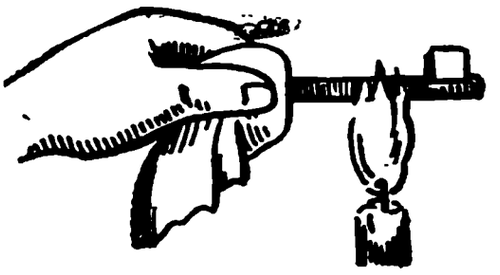


Figura 86 — Aţa neinflamabilă.

cător de căldură, preia repede căldura de la hîrtie, nepermiţîndu-i să se încălzească cu mult peste temperatura de topire, adică 335°C (pentru plumb); această temperatură nu este suficientă pentru aprinderea hîrtiei.

Este asigurată de asemenea reuşita următoarei experienţe (fig. 85): înfăşuraţi s t r î n s pe un cui gros sau pe o vergea de fier (sau mai bine de cupru) o fîşie îngustă de hîrtie, în spirală. Apoi introduceţi vergeaua cu hîrtie în flacără. Focul va trece pe lîngă hîrtie, o va afuma, dar nu o va arde, pînă cînd vergeaua nu va ajunge la incadescenţă. Secretul experienţei constă în buna conductibilitate a metalului; dacă am fi folosit o vergea de sticlă, atunci experienţa nu ar fi reuşit. În figura 86 este reprezentată o experienţă asemănătoare cu un fir de aţă „neinflamabil", strîns înfăşurat pe o cheie.

DE CE ESTE LUNECOASĂ GHEAŢA?

Este mai uşor să luneci pe o podea bine lustruită decît pe una obişnuită. S-ar părea că acelaşi lucru ar trebui să se întîmple pe gheaţă, adică gheaţa n e t e d ă ar trebui să fie mai alunecoasă decît cea cu asperităţi, cu neregularităţi.

Dar dacă aţi avut ocazia să trageţi o săniuţă încărcată pe o suprafaţă de gheaţă cu asperităţi, v-aţi convins cu uşurinţă că, contrar aşteptărilor dv., pe o astfel de suprafaţă

sania lunecă mult mai ușor decît pe o suprafață netedă. Gheața cu asperități este mai lunecoasă decît cea netedă ca oglinda!

Aceasta se explică prin faptul că capacitatea de lunecare a gheții nu depinde în special de netezimea ei, ci de o cauză cu totul diferită: de faptul că temperatura de topire a gheții scade atunci cînd crește presiunea.

Să vedem ce se întîmplă cînd ne dăm cu săniuța sau patinăm. Stînd pe patine, ne sprijinim pe o suprafață foarte mică, doar de cîțiva milimetri pătrați. Asupra acestei suprafețe mici apasă în întregime greutatea corpului nostru. Dacă vă amintiți cele spuse în capitolul 2 despre presiune, atunci veți înțelege că patinatorul presează gheața cu o forță destul de mare. Supusă la presiune mare, gheața se topește la o temperatură mai scăzută; dacă de exemplu, gheața are o temperatură de —5°C, iar presiunea exercitată de patine a făcut ca punctul de topire a gheții presate de patine să coboare cu mai mult de 5°C, atunci aceste părți ale gheții se vor topi. Și, ce se întîmplă atunci? Între muchea patinei și gheață se află un strat subțire de apă; deci nu este de mirare că patinatorul lunecă. Din toate corpurile existente, această proprietate o are numai gheața; un fizician sovietic a denumit-o „singurul corp lunecos din natură". Celelalte corpuri sînt netede, dar nu lunecoase.

Ne putem întoarce acum la întrebarea: care gheață este mai lunecoasă: cea netedă sau cea cu asperități? Știm că una și aceeași greutate apasă cu atît mai mult, cu cît este mai mică suprafața pe care se sprijină. În ce caz omul exercită o presiune mai mare pe suprafața sa de sprijin: cînd stă pe gheața netedă sau cînd stă pe cea cu asperități? Este clar că în cazul al doilea: aici el se sprijină doar pe puține ieșituri și neregularități ale suprafeței cu asperități. Cu cît este mai mare apăsarea pe gheață, cu atît este mai abundentă topirea și, prin urmare, cu atît mai lunecoasă este gheața (dacă tălpile saniei sînt suficient de late; pentru muchia ascuțită a patinelor care taie neregularitățile, acest lucru nu este valabil; aici energia de mișcare este consumată pentru tăierea asperităților).

Prin coborîrea punctului de topire a gheții o dată cu creșterea presiunii se explică multe alte fenomene din viața cotidiană. Datorită acestei particularități a gheții se pot lipi, printr-o presare puternică, mai multe bucăți de gheață

într-un singur bloc. Copilul care presează în mînă un bulgăre de zăpadă folosește în mod inconștient tocmai această particularitate a grăunților de gheață (fulgii de zăpadă): contopirea sub acțiunea unei presiuni puternice, care micșorează temperatura lor de topire. Rostogolind bulgărele de zăpadă pentru realizarea „omului de zăpadă", recurgem la aceeași particularitate a gheții: în locurile de contact, în partea de jos a bulgărelui, fulgii de zăpadă se contopesc sub greutatea masei care îi presează. Înțelegeți desigur acum de ce atunci cînd gerul este mare zăpada devine afînată, iar un „om de zăpadă" se construiește greu. Sub presiunea picioarelor trecătorilor, zăpada de pe trotuare se transformă treptat în gheață: fulgii de zăpadă se contopesc într-un strat compact.

Se poate calcula teoretic că pentru coborîrea punctului de topire a gheții cu 1°C este necesară o presiune destul de mare, de 130 kgf pe cm². Avem în vedere totodată faptul că la topire atît gheața, cît și apa se află la aceeași presiune. În exemplele descrise mai sus însă la presiune puternică este supusă numai gheața, iar apa ce se formează prin topire se află sub presiunea atmosferică; în aceste condiții, influența presiunii asupra temperaturii de topire a gheții este mult mai mare.

PROBLEMĂ DESPRE ȚURȚURII DE GHEAȚĂ

V-ați gîndit vreodată cum se formează țurțurii de gheață pe care-i vedem atîrnînd adesea pe streșini?

Pe ce timp se formează țurțurii: cînd se topește zăpada sau pe ger? Dacă aceasta s-a întîmplat în zilele călduroase, atunci cum de a putut îngheța apa la o temperatură mai ridicată decît zero grade? Dacă s-a întîmplat în zilele geroase, atunci de unde putea să apară apă pe acoperiș?

Vedeți că problema nu este chiar atît de simplă cum pare la început. Pentru a se putea forma țurțuri de gheață trebuie să avem simultan d o u ă t e m p e r a t u r i: pentru topire mai mare decît zero, iar pentru îngheț mai joasă decît zero.

Într-adevăr așa se și întîmplă: zăpada de pe panta acoperișului se topește, deoarece razele solare o încălzesc pînă la o

temperatură mai ridicată decît zero grade, iar picăturile de apă de la marginea acoperișului îngheață, pentru că aici temperatura este sub zero (desigur că nu vorbim despre acel caz de formare a țurțurilor care se datorește căldurii încăperii încălzite de sub acoperiș).

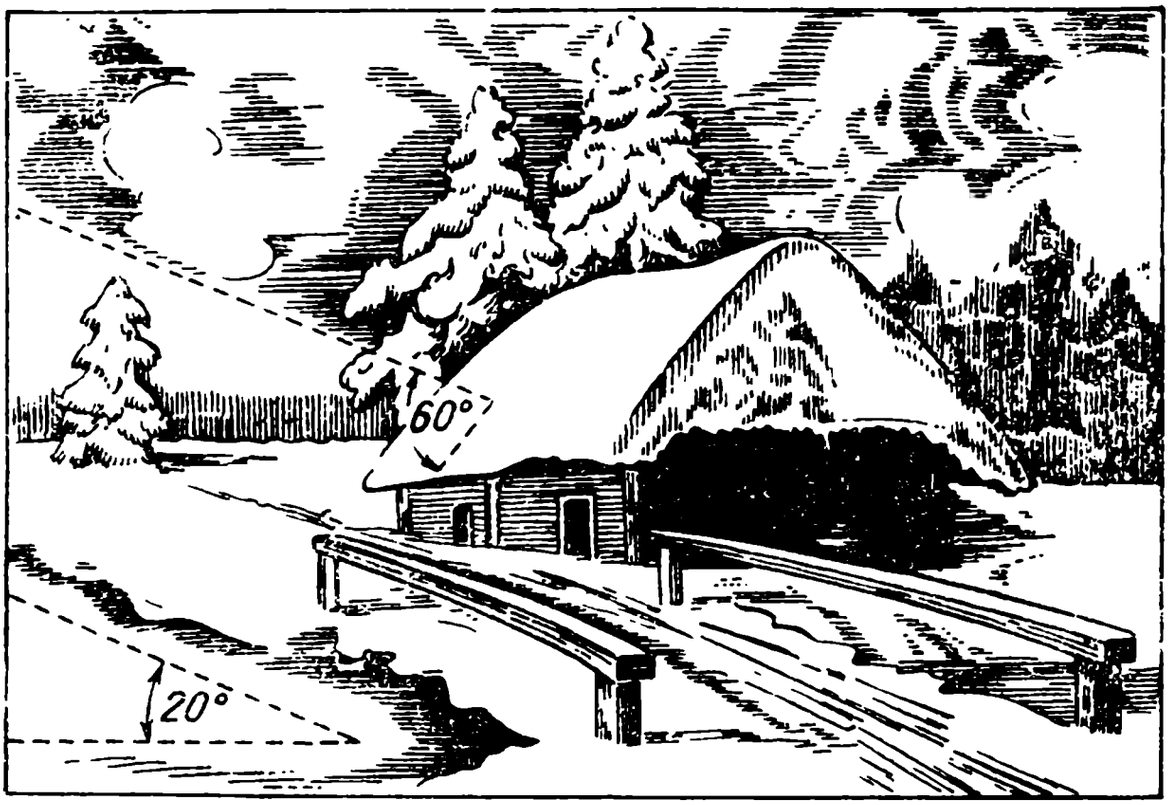


Figura 87 — Razele solare încălzesc acoperișul înclinat mai mult decît suprafața orizontală a pămîntului (cifrele indică mărimea unghiurilor).

Imaginați-vă următorul tablou. O zi luminoasă; un ger de numai 2—3 grade. Soarele scaldă totul în razele sale; totuși aceste raze oblice nu încălzesc pămîntul într-atît încît zăpada să se poată topi. Dar pe panta acoperișului îndreptat spre soare, razele nu cad o b l i c, c a p e p ă m î n t, ci aproape v e r t i c a l, s u b u n u n g h i m a i a p r o p i a t d e c e l d r e p t. Se știe că razele luminează și încălzesc cu atît mai mult cu cît este mai mare unghiul pe care-l formează cu suprafața pe care cad. (Acțiunea razelor este proporțională cu s i n u s u l acestui unghi; pentru cazul reprezentat în figura 87, zăpada primește de 2,5 ori mai multă căldură decît aceeași suprafață de zăpadă plasată pe o întindere orizontală, pentru că sinusul de 60° este mai mare decît sinusul de 20° de 2,5 ori.) Iată de ce panta acoperișului se încălzește mai puternic și zăpada de pe ea se poate topi. Apa topită se scurge de pe acoperiș și picură de pe marginea lui. Dar sub acoperiș temperatura este s u b zero grade și pică-

tura, răcită și prin evaporare, îngheață. Pe picătura înghețată se scurge următoarea picătură, care îngheață și ea, apoi picătura a treia ș.a.m.d.; se formează treptat o mică ieșitură de gheață. Altă dată, cînd timpul este asemănător, aceste formații se lungesc și în rezultat se formează țurțuri, care cresc asemenea cunoscutelor stalactite din peșteri. Astfel apar țurțurii de pe marginea acoperișurilor magaziilor și, în general, ale încăperilor neîncălzite.

Aceeași cauză provoacă și fenomene mai grandioase pe care avem ocazia să le vedem: doar deosebirea dintre zonele climatice și dintre anotimpuri se datorește în mare parte [1] variației unghiului de incidență al razelor solare. Iarna, Soarele este aproape tot atît de îndepărtat de noi ca și vara; el este egal îndepărtat de poli și de ecuator (diferențele de distanță sînt atît de mici, încît nu au importanță). Dar în apropierea ecuatorului înclinarea razelor solare față de suprafața Pămîntului este mai mare decît la poli; vara acest unghi este mai mare decît iarna. Aceasta creează diferențe mari de temperatură în timpul zilei și, prin urmare, în viața întregii naturi.

---

[1] Nu în întregime; o altă cauză importantă este durata inegală a zilei adică a acelui interval de timp în decursul căruia Soarele încălzește Pămîntul. De altfel ambele cauze se explică prin același fapt astronomic: înclinarea axei globului pămîntesc față de planul de rotație a Pămîntului în jurul Soarelui.

Capitolul 7

RAZELE DE LUMINĂ

UMBRELE PRINSE

„O, umbre, umbre negre,
Pe cine nu-l fugăriți?
Pe cine nu-l ajungeți?
Pe voi doar, umbre negre,
Nu vă pot prinde-îmbrățișa!"

Nekrasov

Strămoșii noștri știau, dacă nu să-și prindă umbrele, cel puțin să tragă foloase de pe urma lor: cu ajutorul umbrelor ei desenau „siluete", imagini ale umbrei figurii umane.

În zilele noastre, datorită fotografiei, fiecare are posibilitatea de a-și obține portretul sau să imprime trăsăturile oamenilor ce-i sînt dragi. Dar în secolul al XVIII-lea oamenii nu erau atît de fericiți: portretele comandate pictorilor costau bani mulți și erau accesibile numai unui număr mic de oameni. Iată de ce erau atît de răspîndite s i l u e t e l e: pînă la un anumit grad ele înlocuiau atunci fotografiile de astăzi. Siluetele erau prinse și fixate. Ele se obțineau pe cale mecanică și sub acest aspect amintesc imprimarea cu ajutorul luminii. Noi folosim l u m i n a, iar strămoșii noștri foloseau în același scop absența ei, u m b r a.

Privind figura 88, ne dăm seama cum erau desenate siluetele. Capul era astfel întors, încît umbra să dea un profil caracteristic, care apoi putea fi conturat cu creionul. Pe urmă,

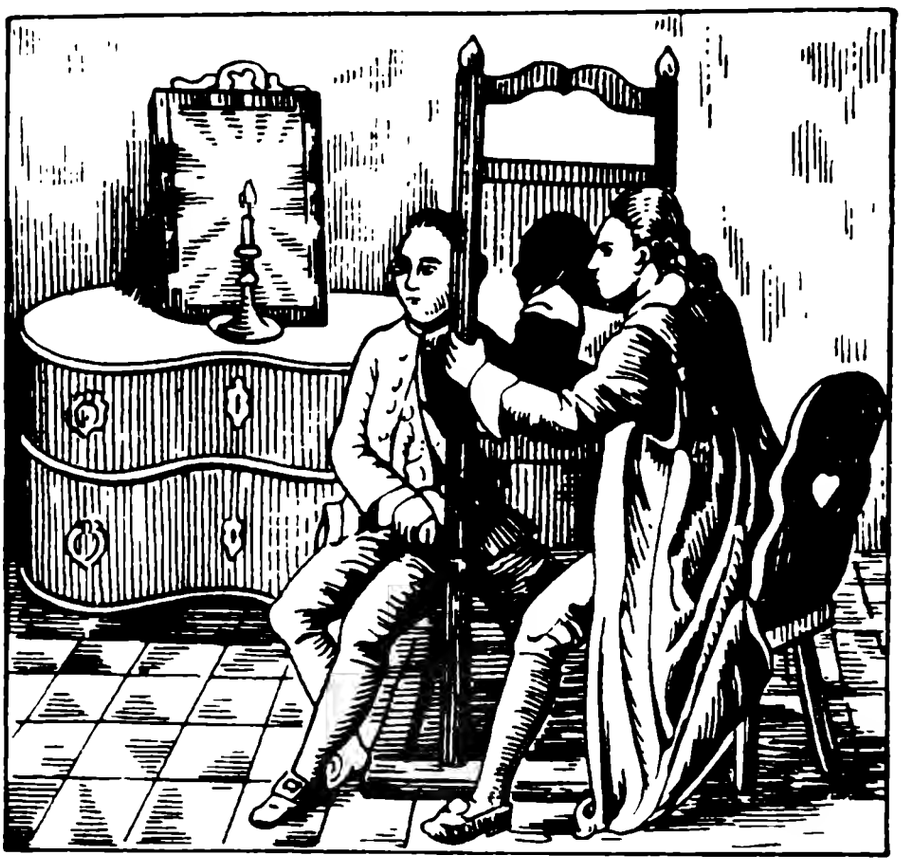


Figura 88 — O metodă veche de realizare a portretelor-siluete.

acest contur era umplut cu tuș, decupat și lipit pe o hîrtie albă: silueta era gata. La dorință, ea putea fi redusă cu ajutorul unui dispozitiv special, pantograful (fig. 89).

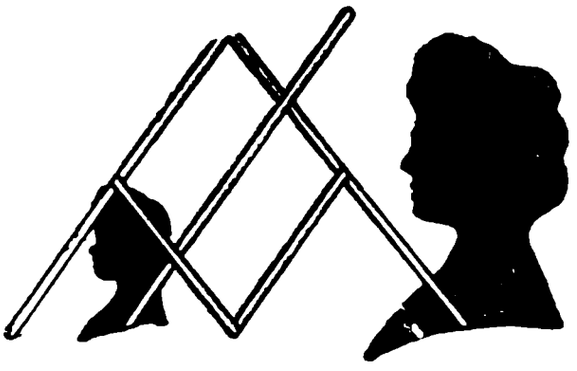


Figura 89 — Micșorarea portretului-siluetă.

Figura 90 — Silueta lui Schiller (anul 1790).

Să nu credeți că o simplă siluetă întunecată nu poate da o imagine cu trăsăturile caracteristice ale originalului. Dim-

potrivă, o siluetă reușită se distinge uneori prin asemănarea ei uimitoare cu originalul.

Această particularitate a reprezentării umbrelor — de a realiza, în ciuda simplității contururilor, o mare asemănare cu originalul — a trezit interesul unor pictori care au început să picteze în această manieră scene întregi, peisaje ș.a. Treptat, desenarea siluetelor a creat o școală întreagă de pictori.

Este curioasă însăși originea cuvîntului „siluetă": el a fost împrumutat de la numele de familie al ministrului francez de finanțe de la mijlocul secolului al XVIII-lea, E. de Silhouette, care-i îndemna pe contemporanii săi risipitori la o economie rațională și făcea reproșuri aristocrației franceze pentru cheltuielile nesăbuite pe tablouri și portrete. Prețul scăzut al portretelor-siluete le-a dat ocazia glumeților să le numească portrete *à la Silhouette.*

PUIUL ÎN OU

Puteți folosi proprietățile umbrei pentru a arăta prietenilor o glumă interesantă. Faceți un ecran din hîrtie impregnantă cu ulei; pentru aceasta este suficient să acoperim cu o astfel de hîrtie o tăietură pătrată făcută dintr-o foaie de carton. În spatele ecranului așezați două lămpi; spectatorii vor sta în fața lui de partea cealaltă. Aprindeți una dintre lămpi, de exemplu pe cea din stînga.

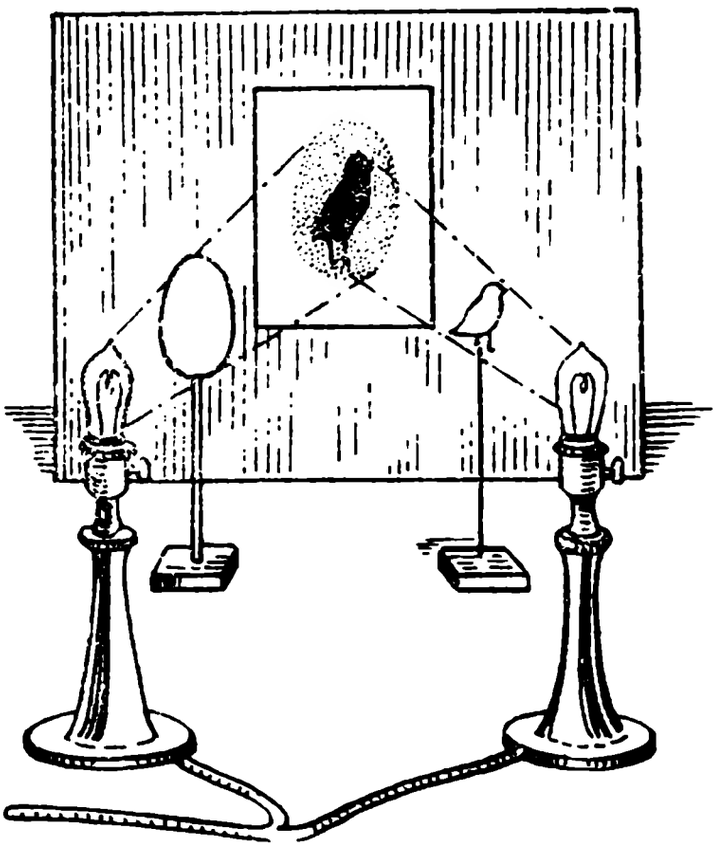


Figura 91—O „roentgenogramă" imaginară.

Între lampa aprinsă și ecran așezați pe o sîrmă o bucată ovală de carton și atunci pe ecran va apărea, desigur, silueta unui ou (prima lampă deocamdată

nu este aprinsă). Acum declaraţi musafirilor că veţi pune în funcţiune un „aparat Roentgen“ care va descoperi în interiorul oului... un pui! Şi, într-adevăr, după o clipă oaspeţii văd cum silueta oului se luminează parcă pe margini, iar în mijlocul lui apare destul de clar silueta unui pui (fig. 91).

Dezlegarea scamatoriei este simplă: aprindeţi lampa din dreapta, în calea razelor căreia este aşezat conturul de carton al unui pui. O parte din umbra ovală peste care se suprapune umbra „puiului“ este luminată de lampa din dreapta, de aceea marginile „oului“ sînt mai luminoase decît mijlocul. Spectatorii, care stau de partea cealaltă a ecranului şi nu bănuiesc nimic, îşi pot închipui — dacă nu posedă noţiuni de fizică şi de anatomie — că într-adevăr razele Roentgen au trecut prin oul de găină.

FOTOGRAFII-CARICATURĂ

Nu sînt mulţi cei care ştiu că aparatul fotografic poate fi construit şi fără obiectiv, folosindu-se în acest scop doar un mic orificiu circular. În acest caz, imaginile obţinute sînt

Figura 92 — Fotografia-caricatură obţinută cu ajutorul camerei cu fantă. Imaginea este lăţită.

Figura 93 — Fotografia-caricatură alungită vertical (realizată cu ajutorul camerei cu fantă)

mai puţin luminoase. O interesantă variantă a unei astfel de camere fără obiectiv este camera cu „fantă", în care, în locul unui orificiu, există două fante ce se intersectează. În partea din faţă a camerei se plasează două plăci; una este prevăzută cu o pantă verticală, iar cealaltă cu o fantă orizontală. Dacă ambele plăci sînt atît de apropiate una de alta încît se ating, atunci imaginea obţinută este asemenea celei obţinute în camera cu orificiu, adică nedeformată. Cu totul altul este rezultatul obţinut în cazul cînd cele două plăci sînt aşezate la o distanţă oarecare una faţă de cealaltă (ele se fac în mod special mobile); atunci imaginea este deformată într-un mod caraghios (fig. 92 şi 93). Se obţine mai curînd o caricatură decît o fotografie.

Cum se explică această deformaţie?

Să examinăm cazul cînd fanta orizontală se află în faţa celei verticale (fig. 94). Prin prima fantă *C* razele de la liniile verticale ale crucii de pe placa *D* vor trece ca printr-un orificiu simplu; fanta din spate nu schimbă de loc drumul acestor raze. Prin urmare, pe sticla mată *A* obţinem imaginea liniei verticale cu dimensiunile care corespund distanţei sticlei *A* de peretele *C*.

Cum se prezintă lucrurile cu imaginea liniei orizontale cînd fantele sînt aşezate în aceeaşi poziţie? Prin prima fantă (cea orizontală) razele trec liber, fără a se încrucişa, pînă cînd sosesc la fanta verticală *B*; prin această fantă razele trec ca printr-un orificiu şi dau pe sticla mată *A* imaginea cu dimensiunile corespunzătoare distanţei *A* de la cea de-a doua placă *B*.

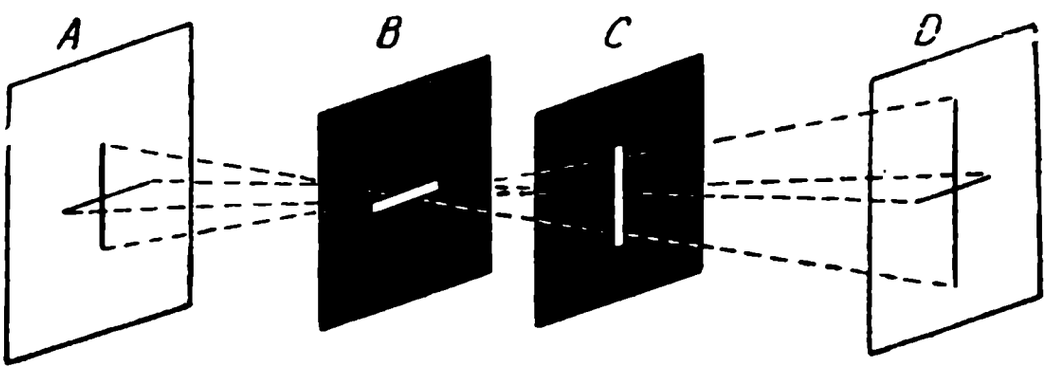


Figura 94 — De ce camera cu fantă dă imagini deformate.

Cu alte cuvinte, la o astfel de amplasare a fantelor, pentru liniile v e r t i c a l e nu există, parcă, decît fanta din f a ţ ă; pentru cele orizontale, dimpotrivă, doar cea din s p a t e.

Deoarece fanta din față este mai d e p ă r t a t ă de sticla mată decît de cea din spate, toate dimensiunile verticale se obțin pe sticla *A* mai mari decît cele orizontale: imaginea obținută este lungită pe verticală.

Dacă așezarea fantelor este inversă, atunci se obțin imagini lățite pe orizontală (vezi fig. 92 și 93).

Se înțelege că imaginile obținute vor fi deformate în mod corespunzător dacă fantele vor fi așezate o b l i c.

O astfel de cameră poate fi folosită nu numai pentru obținerea caricaturilor. Ea este utilă și pentru scopuri practice mai serioase, de exemplu pentru pregătirea unor variante de ornamente arhitecturale, desene pentru covoare, tapete etc. și, în general, pentru realizarea ornamentelor și a desenelor alungite sau scurtate într-o anumită direcție.

PROBLEMĂ DESPRE RĂSĂRITUL SOARELUI

Să presupunem că ați observat răsăritul Soarelui exact la ora 5. Dar se știe că lumina nu se propagă instantaneu: este necesar un timp oarecare pentru ca razele să poată ajunge de la sursa de lumină pînă la ochiul observatorului. De aceea se poate pune întrebarea: la ce oră ați fi urmărit același răsărit de Soare dacă lumina s-ar fi propagat instantaneu?

Lumina parcurge distanța de la Soare pînă la Pămînt în 8 minute. S-ar părea că la propagarea i n s t a n t a n e e a luminii răsăritul Soarelui ar fi fost văzut cu 8 minute mai devreme, adică la ora 4 și 52 de minute.

Mulți dintre dumneavoastră vor fi uimiți auzind că acest răspuns nu este corect. Se știe doar că Soarele „răsare“ deoarece globul nostru pămîntesc își expune în spațiul d e j a l u m i n a t noi puncte ale suprafeței sale. De aceea, chiar dacă lumina s-ar propaga instantaneu, noi am observa răsăritul Soarelui în a c e l a ș i m o m e n t ca la propagarea

succesivă, adică la ora 5[1]. Astfel decurg lucrurile dacă urmăriți (în telescop) apariția la marginea discului solar a unei protuberanțe oarecare; la o propagare instantanee a luminii, ați fi observat-o cu 8 minute mai devreme.

---

[1] Dacă ținem însă seama de „refracția atmosferică", atunci rezultatul ar fi și mai neașteptat. Refracția schimbă drumul razelor în aer și astfel ne permite să vedem răsăritul Soarelui î n a i n t e a apariției sale geometrice deasupra orizontului. Dar la o propagare instantanee a luminii refracția nu poate avea loc, pentru că ea este condiționată de viteza diferită a luminii în medii diferite. Lipsa refracției are drept rezultat faptul că observatorul vede răsăritul Soarelui ceva mai t î r z i u decît în cazul propagării instantanee a luminii; această diferență, depinzînd de latitudinea locului de observație, de temperatura aerului și de alte condiții, variază între 2 minute și cîteva zile (la latitudinile polare). Rezultă un paradox curios: la o propagare instantanee (adică infinit de rapidă) a luminii am observat răsăritul Soarelui mai tîrziu decît la cea neinstantanee! Analiza mai amănunțită a acestei probleme o găsiți în volumul „Cunoașteți fizica ?"

Capitolul 8

REFLEXIA ȘI REFRACȚIA LUMINII

A VEDEA PRIN PEREȚI

În ultimul deceniu al secolului trecut se vindea un aparat care purta denumirea pompoasă de *aparat Roentgen*. Îmi amintesc cît de contrariat am fost cînd, fiind încă elev de liceu, am luat pentru prima dată în mînă acest obiect ciudat:

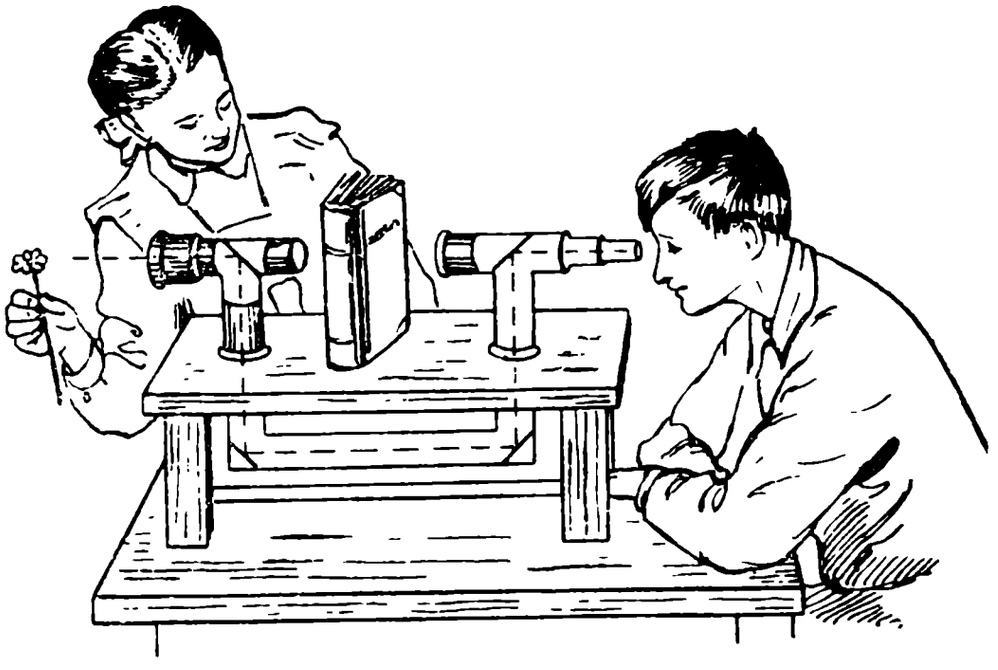


Figura 95 — Imaginarul aparat Roentgen

tubul permitea să vezi prin obiecte opace! Vedeam obiectele înconjurătoare nu numai prin hîrtia groasă, dar și prin oțelul cuțitului opac chiar pentru adevăratele raze Roentgen! Secretul structurii acestei jucării simple vă va fi imediat dezvăluit dacă veți privi figura 95, în care este reprezentat

prototipul tubului descris. Patru oglinjoare înclinate sub un unghi de 45° reflectă razele de cîteva ori, făcînd, cum s-ar zice, ocolul obiectului opac.

În armată sînt folosite pe scară largă astfel de aparate. Stînd în tranșee poți urmări mișcările inamicului fără a-ți înălța capul deasupra nivelului pămîntului, deci fără a risca să atragi asupra ta focul inamic, folosind un aparat numit *periscop* (fig. 96).

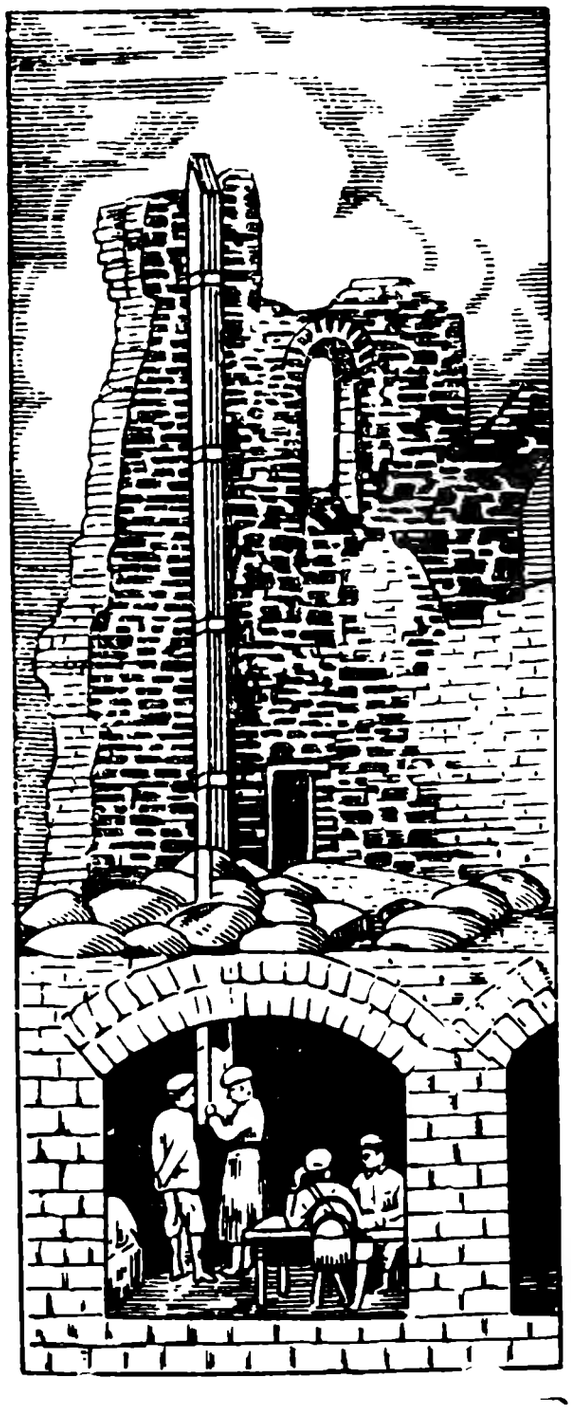


Figura 96 — Periscopul

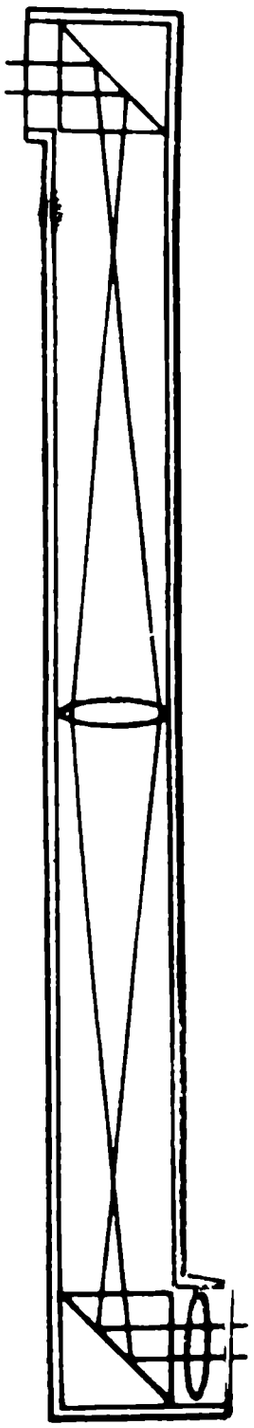


Figura 97—Schema periscopului unui subarin

Cu cît este mai lung drumul razelor de lumină de la locul intrării lor în periscop și pînă la ochiul observatorului, cu atît mai mic este cîmpul vizual cuprins de aparat. Pentru a lărgi cîmpul vizual se folosește un sistem de sticle optice. Dar sticlele absorb o parte din lumina care pătrunde în periscop; de aceea claritatea imaginii obiectelor lasă de dorit. Cele spuse arată că înălțimea periscopului este limitată; periscoape mai înalte dau un cîmp vizual prea mic și imagini neclare, mai ales în zilele puțin senine.

Căpitanul submarinului urmărește un vas inamic cu ajutorul periscopului: un tub lung al cărui capăt se înalță deasupra apei. Aceste periscoape sînt mult mai complexe de-

cît cele terestre, dar principiul lor este același; razele se reflectă de la oglinda (sau prisma) fixată în partea de sus a periscopului, trec de-a lungul tubului, se reflectă în partea lui de jos și ajung la ochiul observatorului (fig. 97).

CAPUL „RETEZAT" VORBEȘTE

Această „minune" a fost de multe ori arătată în „muzeele" și „panopticumurile" din provincie. Pe cei neiniţiaţi ea îi lasă cu gura căscată: în faţa lor este o măsuţă cu o farfurie... un cap omenesc viu, care-și rotește ochii, vorbește, mănîncă! Sub masă corpul nu ar putea fi ascuns. Deși nu vă puteţi apropia de masă — de ea vă desparte o barieră — vedeţi clar că sub ea nu este nimic.

Cînd veţi fi martorul unei astfel de „minuni", încercaţi să aruncaţi în golul de sub măsuţă o bucată de hîrtie mototolită. Secretul va fi imediat dezvăluit: hîrtia va fi trimisă înapoi de ... oglindă! Chiar dacă ea nu se va lovi de oglindă, îi veţi descoperi totuși existenţa, pentru că va reflecta ghemul de hîrtie (fig. 98).

Este suficient să se așeze cîte o oglindă între picioarele mesei, ca spaţiul de sub ea să pară de departe gol (bineînţeles cu condiţia ca în oglindă să nu se reflecte obiectele din încăpere sau publicul). Iată de ce camera trebuie să fie goală, pereţii absolut identici, podeaua vopsită uniform, fără modele, iar publicul trebuie să fie la o distanţă suficient de mare.

Figura 98 — Secretul capului „retezat"

Secretul este caraghios de simplu, dar înainte de a afla în ce constă el te pierzi pur și simplu în supoziţii.

Uneori această „minune" este montată cu mai mult efect. Vi se arată întîi o măsuţă goală; nici pe ea și nici sub ea nu este nimic. Apoi se aduce din culise o ladă închisă, în care se păstrează, cică, „capul viu fără corp" (de fapt lada

este goală). Această ladă se așază pe masă, se dă deoparte peretele ei din față și în fața spectatorilor uimiți apare un cap omenesc vorbitor. Cititorul a înțeles, desigur, că în planșeta mesei există o parte mobilă care închide deschizătura pe unde omul care stă sub masă, în spatele oglinzilor, își scoate capul atunci cînd pe masă se așază o ladă goală fără fund. Aranjamentul „minunii" poate diferi, dar nu intenționăm să enumerăm aici toate variantele; văzîndu-le cititorul le va descifra singur.

ÎN FAȚĂ SAU ÎN SPATE ?

Există multe obiecte de uz casnic pe care oamenii nu știu să le folosească corect. Am arătat mai înainte că unii nu știu să folosească gheața pentru răcire: așază lichidele care urmează a fi răcite pe ghiață. Se constată de asemenea că nu toți știu să folosească o oglindă obișnuită. Mulți sînt cei care, dorind să se vadă mai bine în oglindă, așază sursa de lumină în s p a t e l e lor pentru „a-și lumina imaginea", în loc de a se lumina pe ei înșiși. Multe femei procedează astfel. Sîntem siguri că cititoarele noastre așază lampa î n f a ț a l o r.

OGLINDA POATE FI VĂZUTĂ?

Iată încă o demonstrație a faptului că oglinda obișnuită nu este destul de bine cunoscută: la întrebarea din titlul acestui paragraf, majoritatea răspund incorect, deși se privesc zilnic în oglindă.

Cei convinși de faptul că oglinda poate fi văzută, se înșală. O oglindă bună și limpede este invizibilă. Pot fi văzute cadrul oglinzii, marginile ei, obiectele care se reflectă în ea, dar însăși oglinda, dacă ea este curată, nu poate fi văzută.

Orice suprafaţă r e f l e c t a n t ă, spre deosebire de cea d i f u z a n t ă, este vizibilă prin ea însăşi (se numeşte „difuzantă“ acea suprafaţă care împrăştie razele de lumină în toate direcţiile; în viaţa de toate zilele numim suprafeţele reflectante *lucii*, iar pe cele difuzante *mate*).

Toate scamatoriile, trucurile, iluziile bazate pe folosirea oglinzilor, chiar experienţa cu capul, descrisă mai sus, se bazează tocmai pe faptul că însăşi oglinda este invizibilă, vizibile fiind doar obiectele care se reflectă în ea.

PE CINE VEDEM PRIVIND ÎN OGLINDĂ?

„Desigur că ne vedem pe noi înşine — vor răspunde mulţi — imaginea noastră în oglindă, adică copia noastră, asemănătoare cu noi în toate amănuntele.“

N-aţi vrea totuşi să vă convingeţi de această asemănare? Pe obrazul drept aveţi un mic neg, iar obrazul drept al imaginii dumneavoastră este neted, avînd în schimb un neg pe obrazul stîng, pe care nu aveţi nimic. Aveţi cărarea în stînga, iar alter-ego dumneavoastră o are în dreapta. Sprînceana dreaptă vă este aşezată mai sus şi este mai deasă decît cea din stînga, copia din oglindă avînd aceeaşi sprînceană aşezată mai jos şi mai rară decît stînga. Purtaţi ceasul în buzunarul din dreapta, iar blocnotesul în cel din stînga; imaginea din oglindă are obiceiuri exact opuse. Dar observaţi şi cadranul ceasului! Niciodată nu aţi avut un astfel de ceas: cifrele sînt scrise şi aşezate într-un mod neobişnuit; de exemplu cifra opt este reprezentată aşa cum nu o reprezintă nimeni — IIX şi este aşezată în locul cifrei XII; cifra douăsprezece nu o avem de loc; după şase urmează cinci ş.a.m.d.;

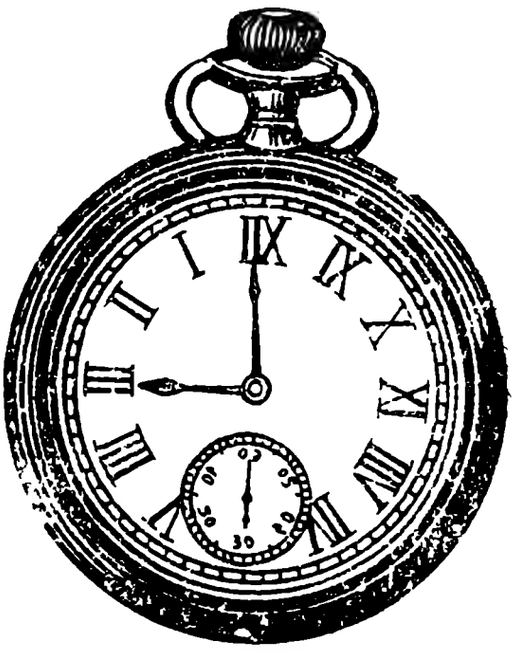


Figura 99 — Acesta este ceasul imaginii dumneavoastră din oglindă.

afară de aceasta, sensul de deplasare a acelor de ceasornic ale imaginii dumneavoastră este invers.

În sfîrșit, dublura dumneavoastră din oglindă are și un defect fizic, pe care bănuim că nu-l aveți: este stîngaci. Imaginea scrie, coase, mănîncă cu mîna stîngă și, dacă îi veți întinde mîna dreaptă, ea o va întinde pe cea stîngă.

Nu este ușor de stabilit dacă imaginea dumneavoastră știe sau nu știe să scrie și să citească. Veți citi însă doar cu multă greutate rîndurile cărții pe care o țineți în mînă sau cuvintele scrise de mîna neiscusită a stîngaciului din oglindă.

Iată omul care are pretenția de a vă fi copia fidelă! Și iată că-l consultați pentru a vă da seama despre înfățișarea dumneavoastră...

Să vorbim serios: dacă, privind în oglindă, vă imaginați că vă vedeți pe voi înșivă, atunci vă înșelați. La majoritatea oamenilor, fața, corpul și îmbrăcămintea nu sînt strict simetrice (deși, de obicei, nu observăm acest lucru): jumătatea dreaptă nu este perfect identică cu cea stîngă. În oglindă toate particularitățile părții drepte i se transferă celei stîngi și invers, astfel încît vă apare în față o figură care adesea produce o cu totul altă impresie decît a noastră.

DESENUL ÎN FAȚA OGLINZII

Lipsa identității dintre imaginea din oglindă și original apare și mai evidentă dacă efectuăm următoarea experiență.

Așezați-vă în fața unei oglinzi plasate în poziție verticală pe masă, puneți în fața ei o foaie de hîrtie și încercați să desenați pe ea o figură oarecare, de exemplu un dreptunghi cu diagonale. Dar nu vă uitați direct la mîna dumneavoastră; urmăriți-i doar mișcările reflectate în oglindă.

Vă veți convinge de faptul că o astfel de problemă, aparent atît de ușoară, este aproape irealizabilă. De-a lungul a mulți ani impresiile noastre vizuale și senzațiile motoare au venit într-o oarecare concordanță. Oglinda vine s-o tulbure, pentru că ne arată mișcările mîinii într-un mod diferit. Vechile obișnuințe vor protesta împotriva oricărei miș-

cări a dumneavoastră: vreți să trasați o linie spre dreapta, iar mîna se mișcă spre stînga etc.

Greutăți și mai mari veți întîmpina dacă în locul unui desen simplu veți încerca să desenați în fața oglinzii figuri mai complexe sau veți încerca să scrieți ceva privind rîndurile din oglindă: ce încurcătură comică!

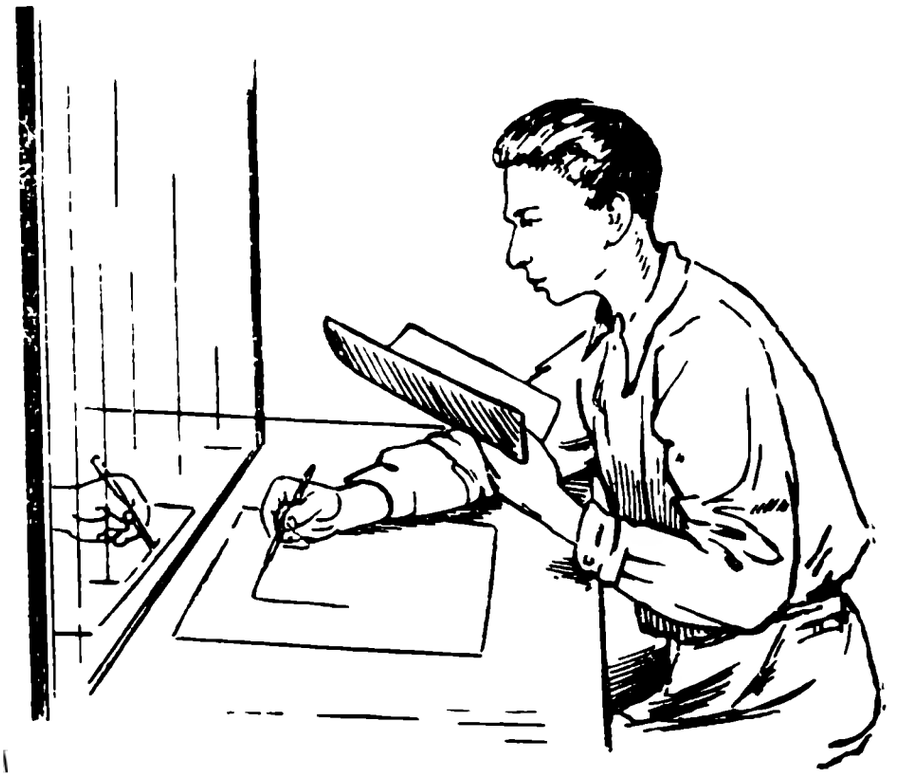


Figura 100 — Desenul în fața oglinzii.

Acele trăsături pe care le obținem pe hîrtia sugativă sînt de asemenea imagini simetrice în oglindă. Examinați inscripțiile de pe hîrtia dumneavoastră și încercați să le citiți. Nu veți reuși să descifrați nici un cuvînt, nici chiar pe cel care pare a fi scris cît se poate de clar: literele au o înclinare spre stînga și, mai ales, succesiunea liniilor nu este cea cu care sînteți obișnuiți. Dar îndată ce așezați pe hîrtie o oglindă plasată în unghi drept veți vedea în ea literele scrise așa cum sînteți obișnuiți a le vedea. Oglinda dă imaginea simetrică a ceea ce este, la rîndul său, imaginea simetrică a scrierii obișnuite.

O GRABĂ BINE CALCULATĂ

Știm că în mediul omogen lumina se propagă rectiliniu, adică pe drumul cel mai scurt. Dar lumina alege drumul cel mai scurt chiar dacă nu merge direct de la un punct la altul, ci-l atinge pe acesta numai după ce s-a reflectat de pe o oglindă.

Să-i urmărim drumul. Notăm cu litera A (fig. 101) sursa de lumină, linia MN oglinda, iar linia ABC drumul razei de la lumînare pînă la ochiul C. Dreapta KB este perpendiculară pe MN.

După legile opticii, unghiul de reflexie 2 este egal cu unghiul de incidenţă 1. Cunoscînd acest lucru, este uşor de demonstrat că din toate drumurile posibile de la A la C, cu condiţia ca să fie atinsă oglinda MN,

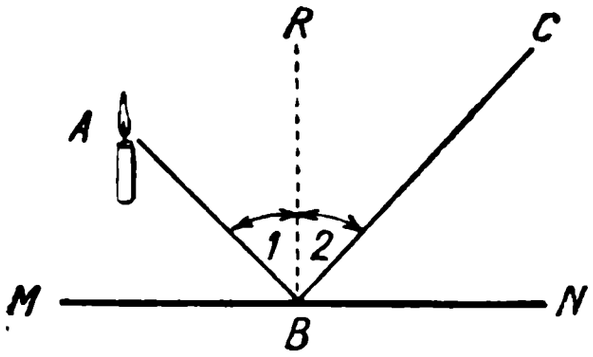


Figura 101 — Unghiul de reflexie 2 este egal cu unghiul de incidenţă 1.

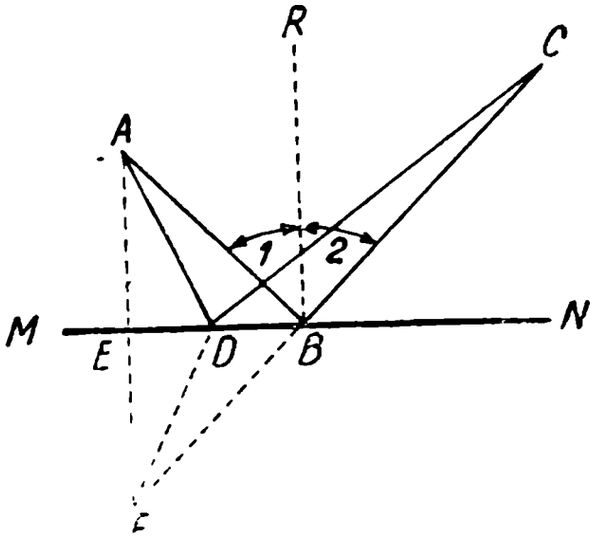


Figura 102 — Reflectîndu-se, lumina alege drumul cel mai scurt.

drumul ABC este cel mai scurt. Pentru aceasta comparăm drumul razei ABC cu un oarecare alt drum, de exemplu cu ADC (fig. 102). Coborîm perpendiculara AE din punctul A pe MN şi o prelungim pînă la intersecţia cu prelungirea razei BC în punctul F. Unim de asemenea punctul F cu D. Ne convingem înainte de toate de faptul că dreptunghiurile ABE şi EBF sînt egale. Ele sînt triunghiuri dreptunghice şi au cateta EB comună; afară de aceasta, unghiurile EFB şi EAB sînt egale între ele, pentru că sînt, respectiv, egale cu unghiurile 2 şi 1. Prin urmare $AE = EF$. De aici decurge egalitatea celor două catete ale triunghiurilor dreptunghice AED şi EDF şi, prin urmare, egalitatea dintre AD şi DF.

De aceea putem înlocui calea ABC cu calea egală CBF (pentru că $AB = FB$), iar ADC cu CDF. Comparînd între ele lungimile CBF şi CDF, vedem că linia dreaptă CBF este mai scurtă decît linia frîntă CDF. De aici rezultă că drumul ABC este mai scurt decît ADC, ceea ce şi era de demonstrat!

Oriunde s-ar afla punctul D, drumul ABC va fi totdeauna mai scurt decît drumul ADC dacă unghiul de reflexie este egal cu cel de incidenţă. Prin urmare, lumina alege într-adevăr calea cea mai scurtă şi mai rapidă dintre sursa de lumină, oglindă şi ochi. Acest lucru a fost remarcat încă de Heron din Alexandria, renumitul matematician şi fizician din secolul al II-lea.

Figura 103 — Problema despre cioară. Să se găsească drumul cel mai scurt pînă la gard.

ZBORUL CIORII

Priceperea de a găsi drumul cel mai scurt în cazurile asemănătoare celui de mai sus poate servi şi pentru rezolvarea unor probleme distractive. Iată un exemplu de astfel de problemă.

Pe ramura unui copac stă o cioară. Jos în curte sînt risipite nişte grăunţe. Cioara coboară din pom, apucă un grăunte şi se aşază pe gard. Se pune întrebarea: de unde anume trebuie să culeagă grăuntele pentru ca drumul străbătut de ea să fie cel mai scurt (fig. 103)?

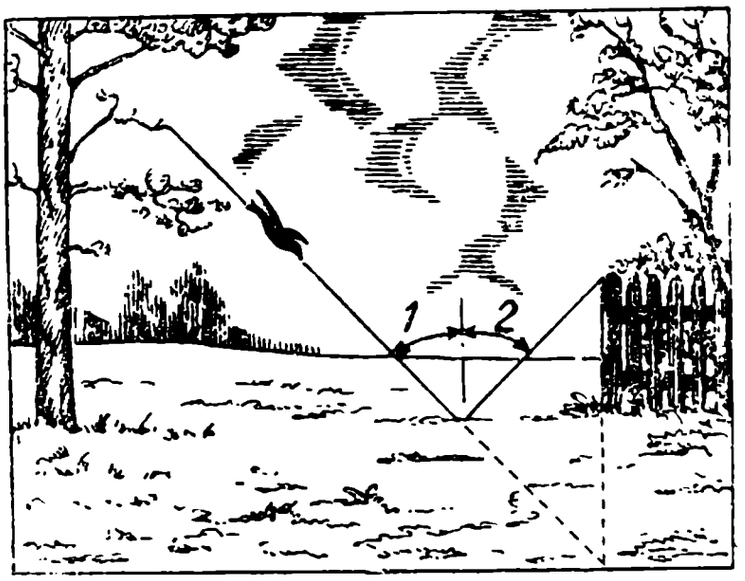


Figura 104 — Soluţia problemei despre cioară.

Această problemă este perfect identică cu cea pe care am examinat-o mai sus. De aceea nu este greu să dăm un răspuns corect: cioara trebuie să imite raza de lumină, adică să zboare astfel încît unghiul 1 să fie egal cu unghiul 2 (fig. 104). Am văzut deja că în astfel de cazuri drumul este cel mai scurt.

Este bine cunoscută jucăria care poartă denumirea de caleidoscop: un pumn de cioburi colorate se reflectă de la două sau trei oglinzi plane constituind nişte figuri deosebit de frumoase, care se schimbă mereu la cea mai mică mişcare a caleidoscopului. Deşi caleidoscopul este destul de bine cunoscut, sînt puţini cei care-şi dau seama ce număr imens de diverse figuri poate fi obţinut cu ajutorul lui. Să presupunem că aveţi în mînă un caleidoscop cu 20 de bucăţele de sticlă colorată şi-l rotiţi de zece ori pe minut pentru a obţine o nouă poziţie a sticlelor. Cît timp v-ar trebui oare pentru a putea vedea toate figurile ce se pot obţine?

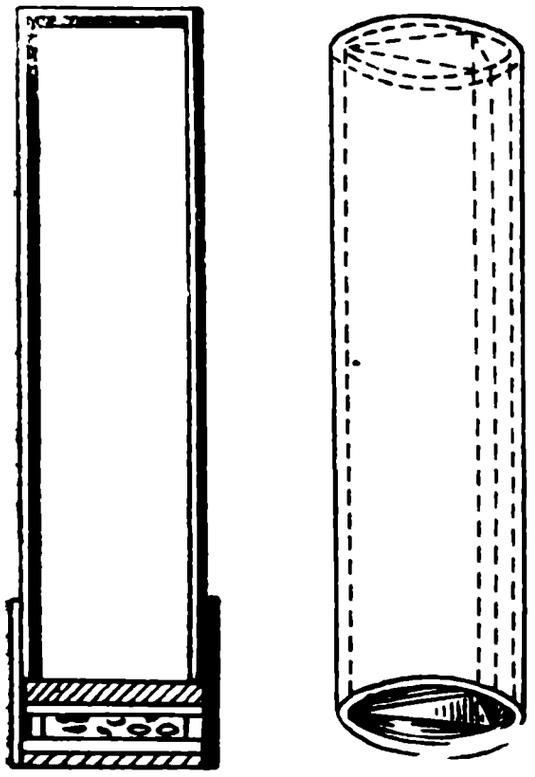


Figura 105 — Caleidoscop.

Nici chiar imaginaţia cea mai bogată nu va putea prevedea răspunsul corect la această întrebare. Vor seca oceanele şi vor fi distruse de eroziuni lanţurile de munţi înainte de a fi epuizate toate figurile închise în mod miraculos în spaţiul restrîns al jucăriei dumneavoastră, pentru că, pentru completa lor epuizare, v-ar trebui cel puţin 500 000 de milioane de ani. Caleidoscopul nostru ar trebui rotit peste cinci sute de milioane de milenii pentru a-i putea vedea toate combinaţiile de desene!

Desenele infinit de variate, în continuă schimbare, ale caleidoscopului îi interesează de multă vreme pe pictorii decoratori, a căror fantezie nu poate concura cu inventivitatea inepuizabilă a acestui dispozitiv. Caleidoscopul creează uneori desene de o neasemuită frumuseţe, care pot servi ca model pentru ornamentarea tapetelor, pentru realizarea imprimeurilor pe diferite ţesături etc.

Dar, în publicul larg, caleidoscopul nu mai trezeşte interesul viu cu care a fost primit în urmă cu vreo sută de ani, cînd mai prezenta încă o noutate. El a fost cîntat în proză şi în versuri.

Caleidoscopul a fost inventat în Anglia în 1816 și doar după aproximativ un an și jumătate a pătruns în Rusia, unde a fost primit cu admirație. Fabulistul A. Izmailov scria în revista „Blagonamerennîi“ (iulie 1818) despre caleidoscop următoarele:

„Citind anunțul despre caleidoscop, iau în mînă acest instrument minunat

Privesc, și-n ochii mei,
În diferite forme, se-nmănunche
În stele grațioase: safire,
Rubine și topaze,
Și diamante, și smaralde,
Și perle, și-ametiste,
Și sideful roz.
Printr-o mișcare doar
Noi forme se-nfiripă!

Ceea ce vezi în caleidoscop nu se poate descrie nici în proză și nici în versuri. Figurile se schimbă la fiecare mișcare a mîinii și nici una nu se aseamănă cu alta. Ce desene fermecătoare! Ah! dacă ele ar putea fi brodate pe canava! Dar unde poți găsi astfel de mătăsuri splendid colorate? Iată ocupația cea mai plăcută care te lecuiește de plictiseală și de trîndăvie. Este mult mai bine să privești în caleidoscop decît să faci *grande patience*.

Se spune că caleidoscopul era cunoscut încă din secolul al XVII-lea. El a fost de curînd redescoperit și perfecționat în Anglia, de unde acum vreo două luni a pătruns în Franța. Unul dintre bogătașii de acolo și-a comandat un caleidoscop în valoare de 20 000 de franci. El a dispus ca în locul sticlelor colorate și al mărgelelor să fie folosite perle și pietre prețioase“.

Mai departe fabulistul povestește o anecdotă nostimă despre caleidoscop și, în sfîrșit, își încheie articolul cu o observație melancolică foarte caracteristică pentru epoca iobăgiei și a rămînerii în urmă:

„Fizicianul mecanician imperial Rospini, cunoscut prin excelentele sale instrumente optice, construiește și vinde caleidoscoape cu 20 de ruble bucata. Este neîndoielnic faptul că ele vor avea mult mai mult succes decît lecțiile lui de fizică și de chimie, care, spre regretul și uimirea noastră, nu i-au adus nici un fel de avantaje bine intenționatului domn Rospini“.

Mult timp caleidoscopul a rămas doar o jucărie nostimă și numai în zilele noastre el a început să fie folosit în practică pentru schițarea diferitelor ornamente. A fost inventat un aparat cu care pot fi fotografiate figurile caleidoscopului, creîndu-se astfel o posibilitate mecanică de realizare a ornamentelor.

PALATELE CU ILUZII ȘI MIRAJE

Ce am simți noi dacă, reduși pînă la dimensiunile unui ciob de sticlă, ne-am trezi în interiorul unui caleidoscop? Există o posibilitate de a efectua realmente o astfel de experiență. În 1900 vizitatorii Expoziției internaționale de la Paris au avut această posibilitate; la această expoziție, de un succes deosebit s-a bucurat așa-numitul „Palat al iluziilor", un fel de caleidoscop imobil. Imaginați-vă o sală exagonală în care toți pereții sînt formați din oglinzi perfect șlefuite! În colțurile sălii erau plasate niște ornamente arhitecturale sub formă de coloane și cornișe, care se contopeau cu ornamentele tavanului. Vizitatorul unei astfel de săli se simțea rătăcit într-o mulțime de oameni care-i semănau, într-o amfiladă nesfîrșită de săli și coloane care-l înconjurau din toate părțile și se întindeau cît vedeai cu ochii.

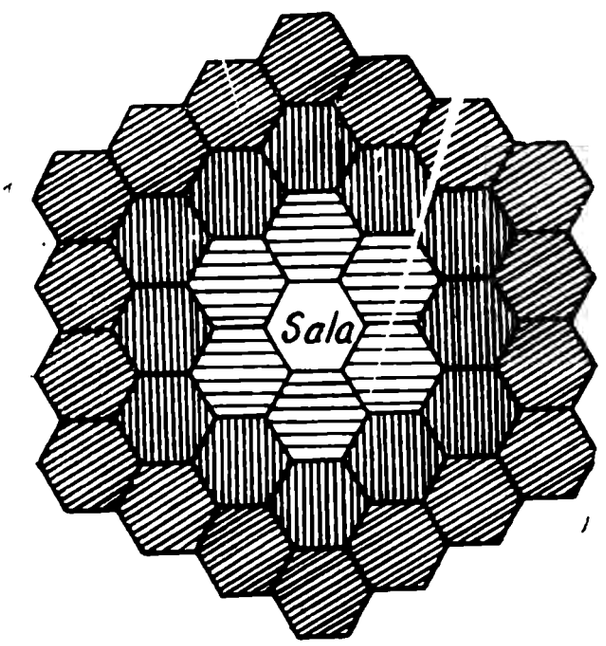


Figura 106 — Reflexia triplă a pereților sălii centrale dă 36 de săli.

Sălile hașurate orizontal în figura 106 se obțin în urma primei reflexii; în urma dublei reflexii se obțin imaginile hașurate perpendicular pe primele, adică încă 12 săli. Reflexia triplă mai adaugă încă 18 săli (hașurarea oblică); sălile se înmulțesc la fiecare reflexie și numărul lor total depinde de perfecțiunea șlefuirii și de faptul dacă oglinzile opuse din sala prismatică sînt sau nu

suficient de paralele. Practic puteau fi distinse și sălile obținute din rezultatul celei de a 12-a reflexii, adică orizontul vizibil cuprindea 468 de săli.

Explicația „minunii“ este clară pentru oricine care cunoaște legile reflexiei luminii: avem aici trei perechi de oglinzi paralele și zece perechi de oglinzi așezate sub un unghi unele față de celelalte; prin urmare, nu este de mirare faptul că ele dau atît de multe imagini. Sînt și mai interesante efectele optice care au fost atinse la expoziția de la Paris în așa-numitul „Palat al mirajelor“. Organizatorii acestui „palat“ au adăugat la șiragul nesfîrșit al imaginilor și schimbarea rapidă a întregului tablou. Ei au construit un fel de caleidoscop m o b i l de dimensiuni uriașe, în interiorul căruia se aflau spectatorii.

În acest „Palat al mirajelor“, schimbarea de decor se realiza în

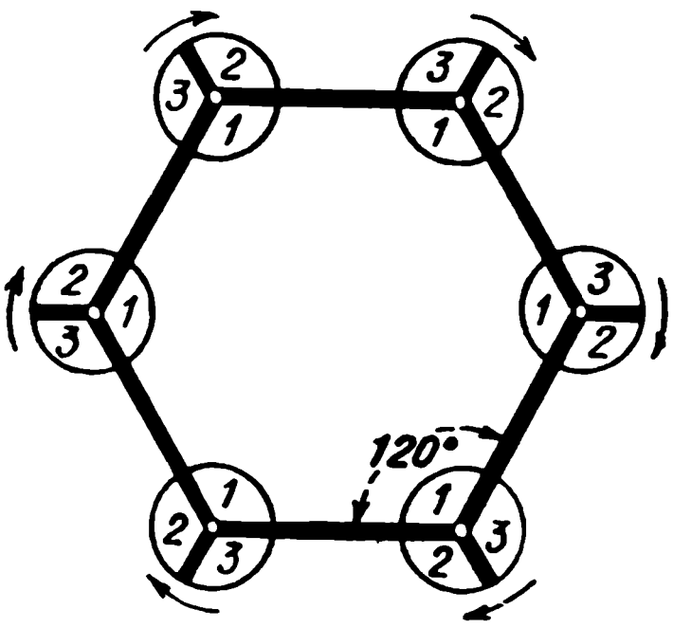


Figura 107.

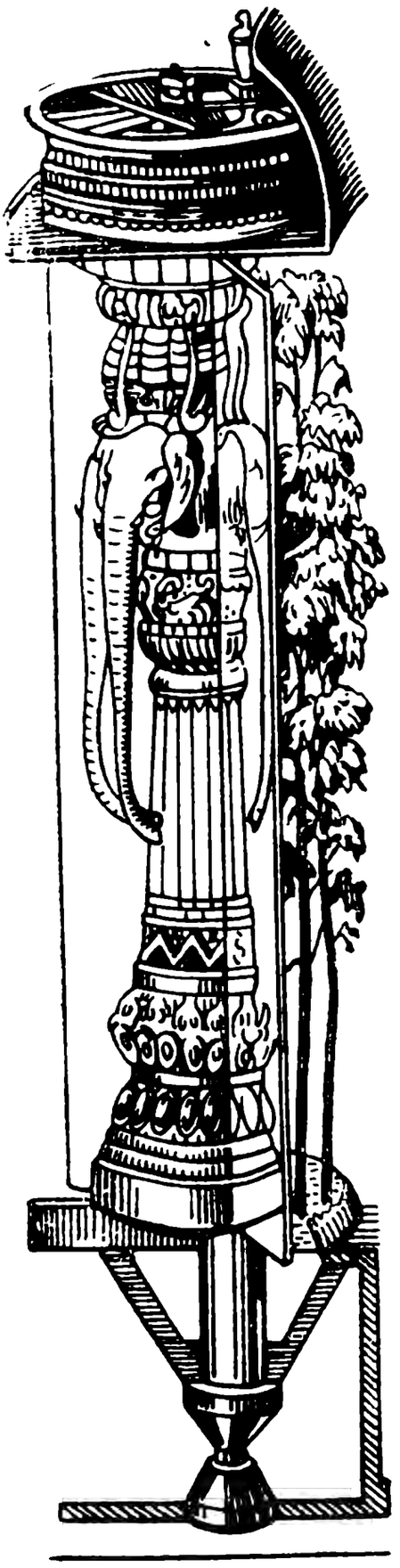


Figura 108 — Secretul „Palatului mirajelor“.

modul următor: pereții de oglindă erau tăiați pe verticală la o oarecare distanță de muchia lor și colțul astfel detașat

se putea roti în jurul axei, fiind înlocuit cu altul. Din figura 107 se vede că se pot face trei înlocuiri, corespunzătoare unghiurilor 1, 2 și 3. Imaginați-vă acum că toate unghiurile notate cu cifra 1 reprezintă o pădure tropicală, toate unghiurile 2 aspecte dintr-o sală arabă, iar 3 dintr-un templu indian. Printr-o simplă mișcare a unui mecanism mascat, care rotește colțurile sălii, pădurea tropicală se transformă într-un templu sau într-o sală arabă. Întregul secret al „minunii" se bazează pe un fenomen fizic atît de simplu ca reflexia razelor de lumină.

DE CE ȘI CUM SE REFRACTĂ LUMINA

Faptul că la trecerea luminii dintr-un mediu într-altul raza ei se refractă, multora le apare ca un capriciu straniu al naturii. Pare de neînțeles de ce lumina nu-și păstrează direcția inițială și într-un mediu nou, ci preferă să-și aleagă un drum frînt. Cine gîndește în felul acesta va afla, probabil, cu satisfacție că, în esență, cu raza de lumină se întîmplă același lucru care se petrece cu o coloană de ostași care trece peste granița dintre un teren comod pentru marșuri și unul incomod. Iată ce spune despre aceasta un cunoscut astronom și fizician din secolul trecut.

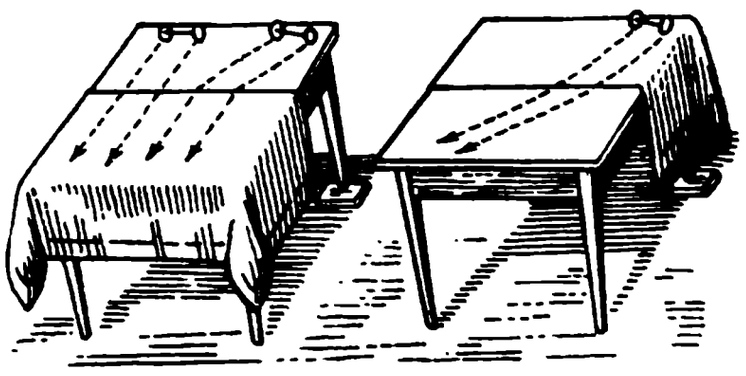


Figura 109 — Experiența care explică refracția luminii.

„Imaginați-vă un detașament de ostași care mărșăluiește pe un teren împărțit printr-o graniță dreaptă în două zone: una din ele este netedă și comodă pentru mers, iar cealaltă este accidentată, incomodă pentru un marș rapid. În afară de aceasta, să mai presupunem că frontul detașamentului formează un unghi cu linia de demarcație dintre cele două zone, astfel încît nu toți ostașii o ating în același moment, ci succesiv unul după altul. Pă-

șind peste această graniță fiecare soldat se va trezi pe un teren pe care nu se mai poate deplasa tot atît de repede ca pînă atunci. El nu se mai poate menține pe aceeași linie cu restul frontului aflat încă pe terenul cel bun și va rămîne cu fiecare secundă tot mai mult în urmă. Deoarece, atingînd granița, fiecare din ostași întîmpină aceleași greutăți, în cazul că ostașii nu se vor risipi, ci vor căuta să mărșăluiască păstrînd rîndurile, acea parte a coloanei care a depășit granița va rămîne inevitabil în urma celeilalte părți, formînd cu aceasta un unghi obtuz la punctul de intersectare a graniței. Și deoarece necesitatea de a merge în același pas pentru a nu sta în drumul celorlalți îl va sili pe fiecare ostaș să pășească drept în fața sa sub un unghi drept față de noul front, drumul pe care-l va parcurge la trecerea graniței va fi, în primul rînd, perpendicular pe noul front, iar în al doilea rînd se va raporta la drumul care ar fi fost parcurs în cazul cînd ar fi lipsit încetinirea ca și noua viteză la cea de dinainte".

Această imagine a modului cum se reflectă lumina o puteți reproduce în mic la dumneavoastră pe masă. După ce acoperiți pe jumătate masa cu o față de masă (fig. 109) și o înclinați puțin, faceți să se rostogolească pe ea o pereche de rotițe bine fixate pe un același ax (de la o locomotivă sau altă jucărie de copil). Dacă direcția de deplasare a roților formează un unghi drept cu marginea feței de masă, atunci nu va avea loc nici o deviere a drumului parcurs. În acest caz aveți o ilustrare a următoarei reguli optice: raza perpendiculară pe planul de separare a mediilor nu se refractă. Cînd direcția este înclinată pe marginea feței de masă, atunci drumul rotițelor se frînge pe această margine, adică la granița dintre mediile cu viteza de mișcare diferită. Este ușor de observat că, la trecerea din acea parte a mesei unde viteza de mișcare este mai mare (partea neacoperită) în acea parte unde viteza este mai mică (fața de masă), direcția de deplasare („raza") se apropie de perpendiculara de incidență. În cazul contrar se observă depărtarea de la această perpendiculară.

Din această experiență se poate de altfel desprinde o indicație importantă care dezvăluie esența fenomenului analizat, și anume că refracția este condiționată de diferența de viteză a luminii în cele două medii. Cu cît este mai mare

diferența de viteză, cu atît este mai mare refracția ; așa-numitul „indice de refracție“ care caracterizează mărimea de refracție a razelor nu este altceva decît raportul dintre aceste viteze. Cînd citiți că la trecerea din aer în apă indicele de refracție este 4/3, aflați cu această ocazie că lumina se deplasează în aer de aproximativ 1/3 ori mai repede decît în apă.

În legătură cu aceasta mai există încă o particularitate interesantă a propagării luminii. Dacă în cazul reflexiei raza de lumină caută drumul c e l m a i s c u r t, în cazul refracției ea alege drumul c e l m a i r a p i d; nici o altă direcție de deplasare nu poate face ca raza să ajungă la „punctul de destinație“ mai repede decît această cale frîntă.

CÎND ESTE PARCURS UN DRUM LUNG MAI REPEDE DECÎT UNUL SCURT?

Oare este posibil ca un drum frînt să ducă la țintă mai repede decît unul drept? Da, acest lucru este posibil atunci cînd viteza de deplasare în diferitele zone ale drumului este diferită. Amintiți-vă cum sînt nevoiți să procedeze locuitorii satului situat între două gări în apropierea uneia dintre ele. Pentru a ajunge mai repede în stația vecină ei merg întîi în direcția i n v e r s ă spre stația cea mai apropiată, luînd apoi trenul spre locul de destinație. Desigur că drumul direct spre stația vecină ar fi mai scurt; ei preferă însă să-și lungească drumul, ducîndu-se pe jos sau cu căruța la gara vecină și luînd apoi trenul, pentru că astfel ajung la țintă mai r e p e d e.

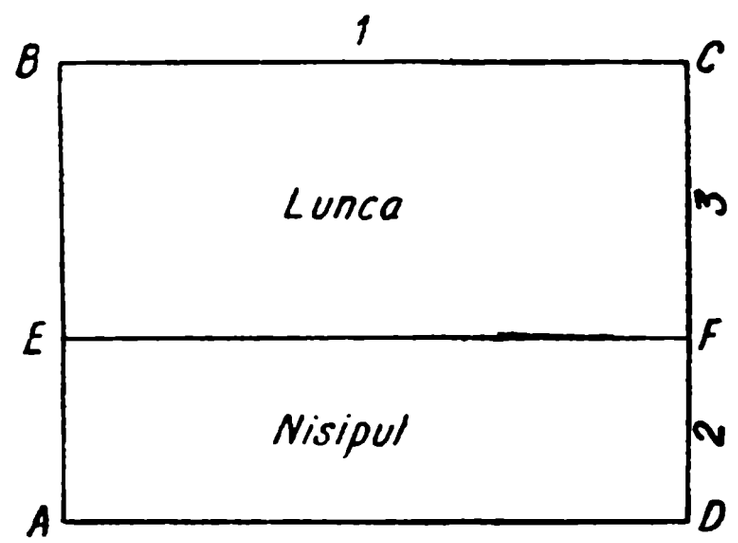


Figura 110 — Istoria cavaleristului. De găsit drumul cel mai scurt între *A* și *C*.

Să acordăm o clipă de atenție încă unui exemplu. Un cavalerist trebuie să plece cu un mesaj din punctul *A* și să-l ducă la cortul comandantului în punctul *C* (fig. 110). De cort îl separă o zonă de nisip

așezat în strat gros și o zonă de luncă, separate între ele prin linia dreaptă EF. Prin nisip calul aleargă de două ori mai încet decît prin luncă. Deci ce drum trebuie să aleagă cavaleristul pentru a ajunge la cort în timpul cel mai scurt?

La prima vedere s-ar părea că drumul cel mai rapid ar fi de-a lungul liniei drepte care leagă A de C. Dar această concluzie este complet greșită și nu cred că ar exista vreun cavalerist care să aleagă acest drum. Deplasarea înceată prin nisip îl va face să încerce să scurteze cît mai mult această parte mai grea a drumului, traversînd zona de teren nisipos de-a lungul unei linii mai puțin oblice; desigur că în felul acesta se va lungi cea de-a doua parte a drumului, cea prin luncă; deoarece prin luncă el se poate deplasa de două ori mai repede, înseamnă că lungimea drumului nu va depăși avantajul obținut și, în rezultat, drumul va fi parcurs într-un interval de timp mai scurt. Cu alte cuvinte, drumul cavaleristului trebuie să se f r î n g ă la granița dintre cele două feluri de teren, și aceasta astfel încît drumul prin luncă să formeze cu perpendiculara la graniță un unghi mai mare decît drumul prin zona de nisip.

Cine cunoaște geometria, și anume teorema lui Pitagora, acela poate verifica că într-adevăr drumul drept AC nu este cel mai rapid și că, avînd dimensiunile alese pentru zonele și distanțele din exemplul nostru, ținta poate fi atinsă urmînd de exemplu linia frîntă AEC (fig. 111).

În figura 110 se arată că lățimea zonei nisipoase este de 2 km, iar a celei de luncă de 3 km, iar distanța BC de 7 km. Atunci întreaga lungime AC (fig. 111) este egală, conform teoremei lui Pitagora, cu $\sqrt{5^2 + 7^2} = \sqrt{74} = 8{,}60$ km. După cum ne dăm seama cu ușurință, partea de drum AN, care traversează terenul nisipos, formează 2/5 din această mărime, adică 3,44 km. Deoarece prin nisip calul aleargă de două ori mai încet decît prin luncă, înseamnă că acești 3,44 km sînt parcurși în același interval de timp care este necesar pentru a parcurge 6,88 km prin luncă. Prin urmare, întregul drum de-a lungul dreptei AC, egal cu 8,60 km, echivalează cu 12,04 km prin luncă.

Facem acum aceeași „reducere la luncă" și pentru drumul frînt AEC. Partea $AE = 2$ km și corespunde cu 4 km de drum

prin luncă. Partea $AC = \sqrt{3^2 + 7^2} = \sqrt{58} = 7{,}6$ km. Deci întregul drum frînt AEC corespunde cu $4 + 7{,}6 = 11{,}6$ km.

Deci drumul drept „scurt“ corespunde la 12,04 km prin

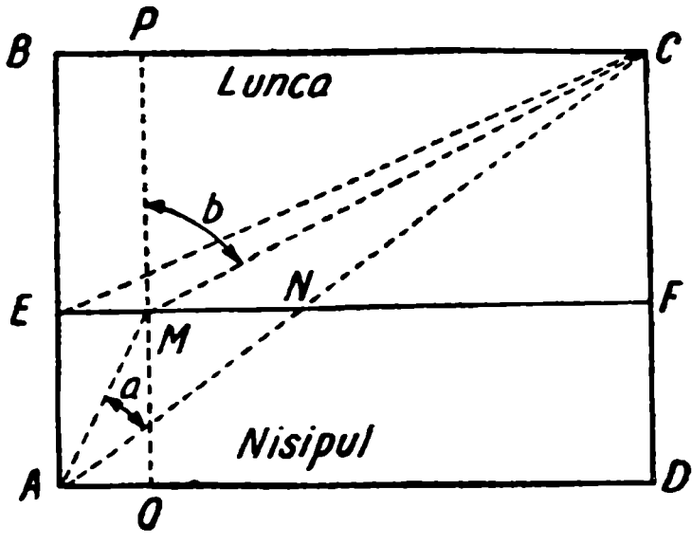


Figura 111 — Soluția problemei cavaleristului. Drumul cel mai scurt este AMC.

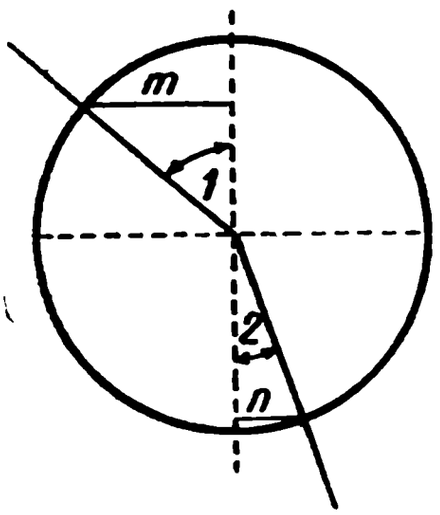


Figura 112 — Ce este „sinusul“? Raportul dintre m și rază este sinusul unghiului 1; raportul dintre n și rază este sinusul unghiului 2.

luncă, iar cel „lung“, frînt, doar la 11,6 km. După cum vedeți, drumul „lung“ dă un cîștig de $12{,}0 - 11{,}6 = 0{,}4$km, adică de aproape o jumătate de km. Dar nu am găsit încă drumul cel mai r a p i d.

După cum ne învață teoria, drumul cel mai rapid va fi acela pentru care (aici sîntem nevoiți să apelăm la trigonometrie) sinusul unghiului b se raportează la sinusul unghiului a după cum viteza prin luncă se raportează la viteza prin nisip, adică 2:1. Cu alte cuvinte, direcția trebuie să fie astfel aleasă, încît sin b să fie de două ori mai mare decît sin a. Pentru aceasta granița trebuie să fie atinsă într-un punct M care se află la un kilometru de E. Într-adevăr, în acest caz

$$\sin b = \frac{6}{\sqrt{3^2 + 6^2}}, \quad \text{iar} \quad \sin a = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 2^2}},$$

raportul

$$\frac{\sin b}{\sin a} = \frac{6}{\sqrt{45}} : \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{6}{3\sqrt{5}} : \frac{1}{\sqrt{5}} = 2$$

adică exact raportul vitezelor.

Care va fi în această situaţie lungimea „redusă la luncă“ a drumului? Calculăm $AM = \sqrt{2^2 + 1^2}$, ceea ce corespunde cu 4,47 km prin luncă. $MC = \sqrt{3^2 + 6^2} = 6{,}49$ km. Lungimea întregului drum este $4{,}47 + 6{,}49 = 10{,}96$, adică cu 1,08 km mai scurt decît drumul rectiliniu, care, după cum ştim, corespunde cu 12,04 km.

Vedeţi acum ce avantaje prezintă în astfel de situaţii un drum frînt. Raza de lumină alege şi ea drumul cel mai scurt, pentru că legea refracţiei luminii satisface cu stricteţe cerinţele de soluţionare matematică a problemei: sinusul unghiului de refracţie se raportează la sinusul unghiului de incidenţă, aşa cum se raportează viteza luminii în mediul cel nou la viteza luminii în mediul pe care-l părăseşte; pe de altă parte, acest raport este egal cu indicele de refracţie a luminii în aceste medii.

Îmbinînd într-o singură regulă particularităţile reflexiei şi cele ale refracţiei, putem spune că în toate cazurile raza de lumină parcurge drumul cel mai rapid, adică urmează regula pe care fizicienii o numesc „principiul acţiunii minime“ (principiul lui Fermat).

Dacă mediul este neomogen şi capacitatea lui de refracţie variază treptat, cum se întîmplă, de exemplu, în atmosfera noastră, atunci şi în acest caz se realizează sosirea cea mai rapidă. Prin aceasta se explică acea deviere uşoară în atmosferă a razelor aştrilor cereşti, pe care astronomii o numesc „refracţie atmosferică“. În atmosfera care devine treptat mai densă cu cît se apropie de suprafaţa Pămîntului, raza de lumină deviază astfel încît cavitatea ei este îndreptată spre Pămînt. Atunci raza rămîne mai multă vreme în straturile superioare, în care drumul ei este mai puţin încetinit şi petrece mai puţin timp în straturile inferioare „încetinitoare“; în final, ea soseşte la ţintă mai repede decît dacă ar parcurge un drum strict rectiliniu.

Principiul acţiunii minime (principiul lui Fermat) este valabil nu numai pentru fenomenele luminoase: el este valabil şi pentru propagarea sunetului, precum şi, în general, pentru toate mişcările ondulatorii, oricare ar fi natura acestor unde.

Desigur că cititorul ar dori să afle cum se explică această proprietate a mişcărilor ondulatorii. De aceea citez aici

considerațiile expuse de cunoscutul fizician contemporan Schrödinger [1]. El pornește de la același exemplu al ostașilor în marș dat mai sus și are în vedere cazul de deplasare a razei luminoase într-un mediu cu densitate variabilă.

„Presupunem — scrie el — că, pentru a păstra regularitatea strictă a frontului, ostașii se țin cu toții de o prăjină lungă. Comanda glăsuiește: să alerge cu toții cît se poate de repede! Dacă caracterul terenului variază încet de la un punct la altul, atunci, să zicem, întîi aripa dreaptă, iar apoi mai tîrziu cea stîngă a frontului se va deplasa mai repede și o rotire a frontului va avea loc de la sine. Vom observa totodată că drumul parcurs nu este rectiliniu, ci curbiliniu. Faptul că acest drum coincide strict cu drumul cel mai scurt din punct de vedere al timpului de sosire în punctul dat este ușor de înțeles, pentru că fiecare dintre ostași s-a deplasat cît a putut de repede."

NOII ROBINSONI

Cred că nu ați uitat cum eroii lui Jules Verne din romanul *Insula misterioasă*, nimerind pe o insulă nelocuită, au reușit să obțină foc fără chibrituri și fără cremene. Robinson a folosit fulgerul care aprinsese un copac, iar noii Robinsoni ai lui Jules Verne nu au mai fost ajutați de o simplă întîmplare, ci de spiritul inventiv al unui inginer instruit și de cunoașterea profundă de către acesta a legilor fizicii. Vă amintiți cum s-a mirat naivul marinar cînd, întorcîndu-se de la vînătoare, i-a găsit pe inginer și pe jurnalist în fața unui foc care înveselea totul în jur.

„— Dar cine a aprins focul? întrebă Pencroff.

— Soarele.

Gédéon Spilett spunea adevărat. Soarele le dăruise căldura de care se minuna atît de mult Pencroff. Marinarului nu-i venea să-și creadă ochilor și era atît de uimit, încît nici nu-i trecea prin minte să pună întrebări inginerului.

---

[1] Aceste considerații au fost expuse în referatul prezentat la Stockholm la decernarea Premiului Nobel (anul 1933).

— Aţi avut o lentilă, domnule Smith? întrebă Herbert pe Cyrus Smith.

— Nu, copilul meu, răspunse acesta, dar mi-am făcut una.

Le arătă apoi instrumentul care-i servise drept lentilă. Scoase pur şi simplu geamurile de la ceasul lui şi de la ceasul reporterului. După ce le umpluse cu apă, le lipise marginile cu puţină humă, făcînd astfel o adevărată lentilă, cu ajutorul căreia aprinsese un mănunchi de muşchi uscat, concentrînd asupra lui razele Soarelui".

Bănuiesc că cititorul va dori să afle de ce a trebuit să fie umplut cu apă spaţiul dintre sticlele de ceas: oare lentila biconvexă de sticlă umplută cu aer nu poate concentra razele solare?

Răspunsul este negativ. Sticla de ceasornic este limitată de două suprafeţe paralele (concentrice): cea exterioară şi cea interioară; din fizică însă se ştie că, trecînd printr-un mediu limitat de astfel de suprafeţe, razele nu-şi schimbă aproape de loc direcţia. Trecînd apoi prin cea de-a doua sticlă identică ele nu sînt deviate nici aici şi, prin urmare, nu se concentrează în focar. Pentru a concentra razele într-un punct, este necesar ca spaţiul dintre sticle să fie umplut cu o oarecare substanţă transparentă care să refracte razele mai puternic decît aerul. Astfel a procedat şi inginerul din romanul lui Jules Verne.

O carafă obişnuită cu apă, dacă are formă sferică, poate servi de asemenea drept lentilă pentru concentrarea razelor solare. Lucrul acesta era cunoscut deja în antichitate, cînd s-a observat că apa însăşi rămîne totuşi rece. Au fost chiar cazuri cînd carafele cu apă aflate pe pervazul geamului au aprins perdele, feţe de mese, au carbonizat mesele. Uriaşele damigene cu apă colorată care, conform unor obiceiuri vechi, decorau pe timpuri vitrinele farmaciilor puteau fi uneori cauza unor adevărate catastrofe, provocînd aprinderea unor suprafeţe uşor inflamabile aşezate în apropiere.

Cu ajutorul unui mic balon sferic de sticlă umplut cu apă se poate aduce pînă la temperatura de fierbere apa turnată pe o sticlă de ceas; pentru aceasta este de ajuns un balon cu diametrul de 12 cm. La 15 cm, în focar [1] se obţine o temperatură de 120° C. Este tot atît de uşor de aprins o ţigară cu

[1] Focarul se află în acest caz foarte aproape de balon.

ajutorul unui balon cu apă ca și cu ajutorul acelei lentile de sticlă, despre care încă Lomonosov, în poezia lui *Despre utilitatea sticlei*, scria:

„Imitîndu-l cu succes pe Prometeu,
Cu ajutorul sticlei îi furăm Soarelui flacăra
Și, demascînd ale unora josnice minciuni,
Ne aprindem cu focul cel ceresc
Al pipelor tutun fără de păcat".

Trebuie totuși să menționăm faptul că puterea de aprindere a lentilelor cu apă este mult mai mică decît a celor de sticlă. Aceasta se datorește, în primul rînd, faptului că refracția luminii în apă este mult mai mică decît în sticlă, iar în al doilea rînd că apa absoarbe în mare măsură razele infraroșii, care joacă un rol mare în încălzirea corpurilor.

Este interesant faptul că acțiunea inflamantă a lentilelor de sticlă era cunoscută încă grecilor antici cu peste o mie de ani înaintea inventării ochelarilor și a lunetelor. Ele sînt menționate de Aristofan în cunoscuta lui comedie *Norii*. Socrate îi propune lui Strepsiade rezolvarea următoarei probleme: dacă cineva ar scrie împotriva lui o reclamație, cum ar distruge-o?

„*Strepsiade*

Găsii un mijloc de minune să anulez procesul. Știi?
Tu însuți o să-mi dai dreptate.

Socrate

Ce mijloc?

Strepsiade

Uneori desigur
Că ai văzut un fel de piatră frumoasă pe la spițerii,
O piatră tare străvezie cu care se aprinde focul.

Socrate

Crotalul vrei să zici?

Strepsiade

Ei da. Să iau o piatră dintre acestea
Și-n clipa în care grefierul ar fi să scrie reclamația
Să stau, așa, mai la o parte și să topesc frumos la soare,
Cu piatra, textul acuzării!!"

Vă reamintesc că pe vremea lui Aristofan grecii scriau pe niște tăbliţe acoperite cu ceară, care se topea cu uşurinţă la căldură.

CUM POATE FI OBŢINUT FOCUL CU AJUTORUL GHEŢII?

Ca material pentru lentila biconvexă, prin urmare pentru obţinerea focului, poate servi şi gheaţa, bineînţeles dacă ea este suficient de transparentă. Gheaţa, refractînd razele, nu se încălzeşte şi nu se topeşte. Indicele de refracţie al gheţii este doar puţin mai mic decît al apei şi dacă, după cum am văzut, se putea obţine foc cu ajutorul unei sfere umplute cu apă, acelaşi lucru se poate realiza şi prin mijlocirea unei lentile de gheaţă.

Lentila de gheaţă a adus un serviciu bun în *Călătoria căpitanului Hatteras* a lui Jules Verne. Doctorul a aprins în felul acesta focul atunci cînd călătorii şi-au pierdut amnarul şi ş-au trezit fără foc pe un ger năprasnic de —48° C:

„— Este o nenorocire, i-a spus doctorului căpitanul.

— Da, a răspuns acesta.

— Nu avem nici măcar o lunetă a cărei lentilă s-o folosim pentru a aprinde focul.

— Ştiu, răspunse doctorul, şi-mi pare foarte rău. Razele Soarelui sînt insuficient de tari ca să aprindă fitilul.

— Ce să facem, va trebui să ne astîmpărăm foamea cu carne crudă, rosti căpitanul.

— Da, răspunse doctorul, în cazul cel mai rău. Dar de ce n-am...

— Ce-ţi trece prin minte? întrebă căpitanul.

— Mi-a venit o idee...

— O idee? a exclamat pilotul. Dacă ţi-a venit o idee, înseamnă că sîntem salvaţi!

— Nu ştiu dacă voi reuşi, spuse cu îndoială doctorul.

— La ce te-ai gîndit? întrebă căpitanul.

— N-avem lentilă, dar o vom confecţiona.

— Cum? se interesă pilotul.

— Vom șlefui o bucată de gheață.

— Credeți deci că...

— De ce nu? Trebuie doar să concentrăm într-un singur punct razele solare, iar gheața poate înlocui în acest scop chiar și cel mai bun cristal. Doar că aș prefera gheața de apă dulce: e mai tare și mai transparentă.

— Iată, dacă nu mă înșel, această bucată de gheață, spuse pilotul arătînd un bloc de gheață ce se înălța la vreo 100 de pași de călători; judecînd după culoare, este exact ceea ce vă trebuie.

— Ai dreptate. Ia-ți toporul. Haidem, prieteni.

Toți trei s-au îndreptat spre blocul de gheață, care, într-adevăr, se dovedi a fi de apă dulce.

Doctorul a cerut să i se desprindă o bucată cu diametrul de un picior și a început să niveleze cu toporul. Apoi a finisat-o cu cuțitul și a șlefuit-o la urmă cu mîna. A obținut o lentilă transparentă, care nu era cu nimic mai prejos decît una din cel mai bun cristal. Soarele strălucea destul de puternic. Doctorul a așezat lentila în calea razelor lui, pe care le-a concentrat asupra fitilului. După cîteva secunde fitilul s-a aprins".

Figura 113 — Doctorul a concentrat razele Soarelui pe fitil.

Povestirea lui Jules Verne nu este de loc fantastică: experiențe care au avut drept scop aprinderea lemnului cu ajutorul unei lentile de gheață au fost realizate cu succes în Anglia încă în 1763; de atunci ele au fost efectuate cu succes deplin de multe ori. Desigur că confecționarea unei lentile de gheață t r a n s p a r e n t e cu ajutorul unor

unelte ca toporul, cuțitul și chiar „mîna pur și simplu“ (și aceasta la un ger de —48° C!) nu este un lucru prea ușor, dar lentila de gheață poate fi obținută mult mai simplu: se toarnă apă într-un vas cu formă potrivită și se îngheață, iar apoi încălzindu-se puțin vasul, se scoate lentila.

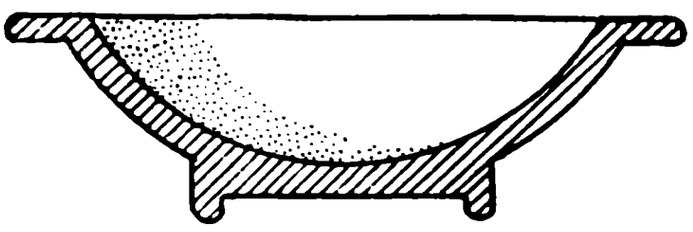


Figura 114 — Vasul pentru confecționarea lentilei de gheață.

Efectuînd o astfel de experiență, nu uitați că ea reușește numai într-o zi senină și geroasă, afară în aer liber și nu în cameră, în dosul unui geam de sticlă: sticla absoarbe o mare parte din energia razelor solare, iar energia rămasă este insuficientă pentru a produce încălzirea necesară.

CU AJUTORUL RAZELOR SOLARE

Mai faceți o experiență ușor de efectuat într-o zi de iarnă. Așezați pe zăpada inundată de lumina solară două bucățele de pînză: una de culoare deschisă și una de culoare închisă. După o oră sau două vă veți convinge de faptul că bucățica de pînză de culoare închisă s-a afundat în zăpadă, pe cînd cea de culoare deschisă a rămas la același nivel. Nu este greu de descoperit cauza unei asemenea deosebiri: sub bucățica de pînză de culoare închisă zăpada se topește mai mult pentru că ea absoarbe o mare parte din razele solare care cad pe ea; cea de culoare deschisă, dimpotrivă, împrăștie cea mai mare parte dintre ele și de aceea se încălzește mai puțin decît cea de culoare închisă.

Această experiență instructivă a fost făcută pentru prima dată de Benjamin Franklin, inventatorul paratrăsnetului. „Am luat de la croitor cîteva pătrățele de stofă de culori diferite — scria el. Printre ele erau: negru, bleu, bleumarin, albastru-deschis, verde, purpuriu, roșu, alb și diferite alte culori și nuanțe. Într-o dimineață însorită am așezat

aceste pătrățele de stofă pe zăpadă. După cîteva ore, bucățica neagră, încălzindu-se mai puternic decît celelalte, s-a afundat atît de adînc în zăpadă, încît razele solare nu o mai puteau atinge; cea bleumarin s-a afundat aproape tot atît de mult; cea albastru-deschis mult mai puțin; pătrățelele de celelalte culori s-au afundat cu atît mai puțin, cu cît ele erau mai deschise. Pătrățica albă a rămas la suprafață, adică nu s-a afundat de loc...“

„La ce ar servi teoria dacă din ea nu s-ar putea trage nici un fel de foloase?“ exclamă el cu această ocazie și continuă: „Oare din această experiență nu putem trage concluzia că în clima caldă însorită o rochie neagră este mai puțin potrivită decît una albă, pentru că la soare ea încălzește corpul nostru mai mult, și, dacă în același timp vom face și mișcări, care prin ele însele ne încălzesc, atunci se formează o căldură de prisos? Oare pălăriile bărbătești și de damă pentru vară nu ar trebui să fie de culoare albă pentru a îndepărta acea căldură care poate provoca insolația?... Mai departe, oare pereții înnegriți nu pot absoarbe în timpul zilei atîta căldură solară încît să rămînă întrucîtva calzi și noaptea, ferind astfel fructele de îngheț? Oare un observator mai atent nu poate trage și alte concluzii particulare de o importanță mai mare sau mai mică?“

Care pot fi aceste concluzii și aplicații utile ne arată exemplul experienței germane întreprinse cu corabia „Gauss“. Nava a fost imobilizată de gheață și nici una dintre metodele obișnuite de eliberare a ei nu au dus la vreun rezultat. Explozivele și ferăstraiele puse în funcțiune n-au reușit să îndepărteze decît cîteva sute de metri cubi de gheață fără ca vasul să poată fi urnit din loc. Atunci s-a recurs la ajutorul razelor solare: din cenușă întunecată și din cărbune a fost așternută pe gheață o bandă cu lungimea de 2 km și lățimea de vreo 10 metri; ea ducea de la navă pînă la crăpătura cea mai largă în gheața din apropierea navei. Era în perioada zilelor însorite de iarnă polară și razele solare au făcut ceea ce nu au putut face dinamita și ferăstraiele: gheața, topindu-se puțin, s-a fărîmițat de-a lungul pistei așternute și nava a putut porni.

Probabil că toţi cunosc cauzele fizice ale mirajului obişnuit. Nisipul deşertului, înfierbîntat de razele solare, capătă proprietăţi de oglindă, pentru că stratul adiacent de aer încălzit are o densitate mai mică decît straturile de aer situate mai sus. Raza de lumină oblică, venită de la un obiect foarte îndepărtat, atingînd acest strat de aer, îşi deviază drumul, astfel încît, urmărindu-şi calea, ea se depărtează din nou de Pămînt şi nimereşte în ochiul observatorului ca şi cum ar fi reflectată de o oglindă pe care a căzut cu un unghi de incidenţă foarte mare. Şi observatorului i se pare că are în faţa ochiului, în mijlocul pustiului, un ochi de apă care reflectă obiectele de pe malul lui (fig. 115).

De altfel ar fi fost mai corect să spunem că stratul de aer încălzit din preajma solului reflectă razele nu asemenea unei oglinzi, ci asemenea suprafeţei apei privite din adîncul acesteia. Aici nu are loc o simplă reflexie, ci ceea ce în lim-

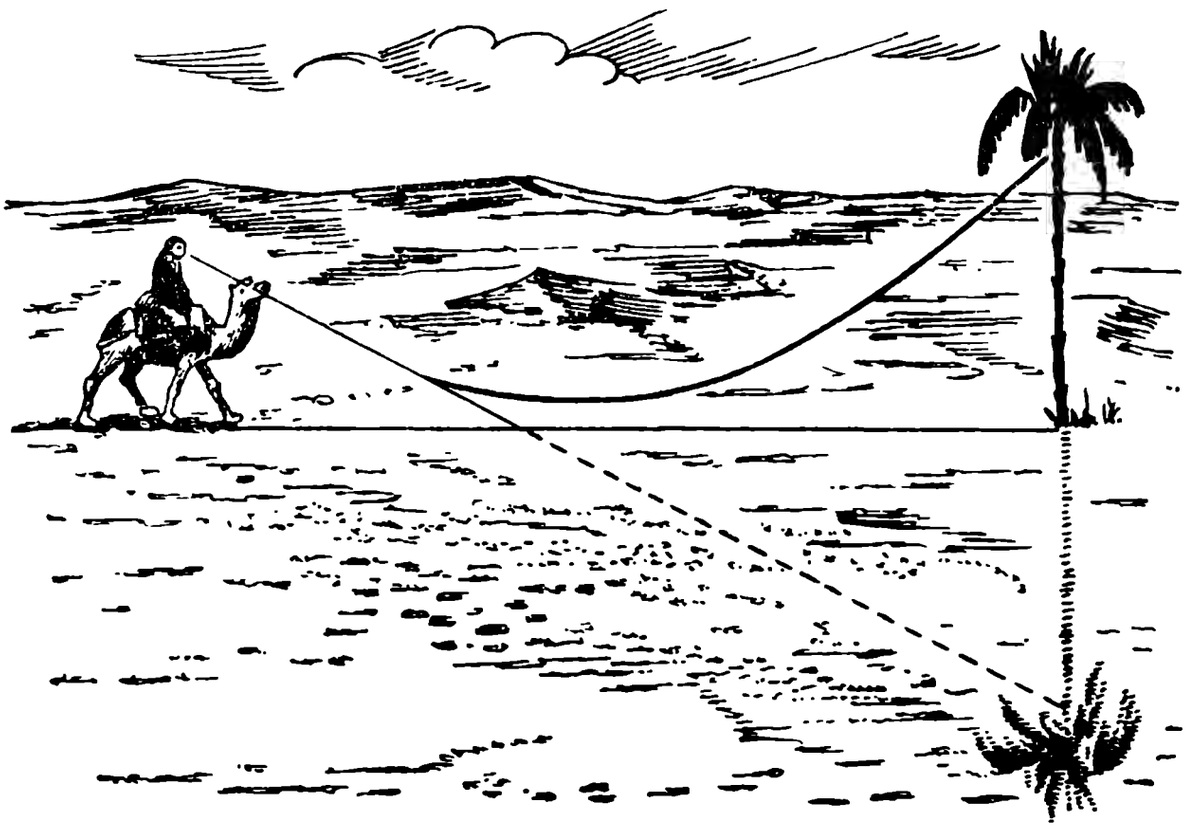


Figura 115 — Cum ia naştere mirajul în deşert? Acest desen, reprezentat de obicei în manuale, arată drumul razei de lumină, oblic faţă de pămînt, prea curbat faţă de forma lui reală.

bajul fizicii se numeşte „reflexie internă". Pentru aceasta este necesar ca raza de lumină să intre în straturile de aer mult mai oblic decît este arătat simplificat în figura 115;

în cazul contrar nu va fi depășit „unghiul maxim“ de incidență a razei, iar fără aceasta nu are loc reflexia internă.

Menționăm în treacăt un punct al acestei teorii care ar putea produce nedumerire. Explicația expusă mai sus necesită o astfel de amplasare a straturilor de aer, încît straturile

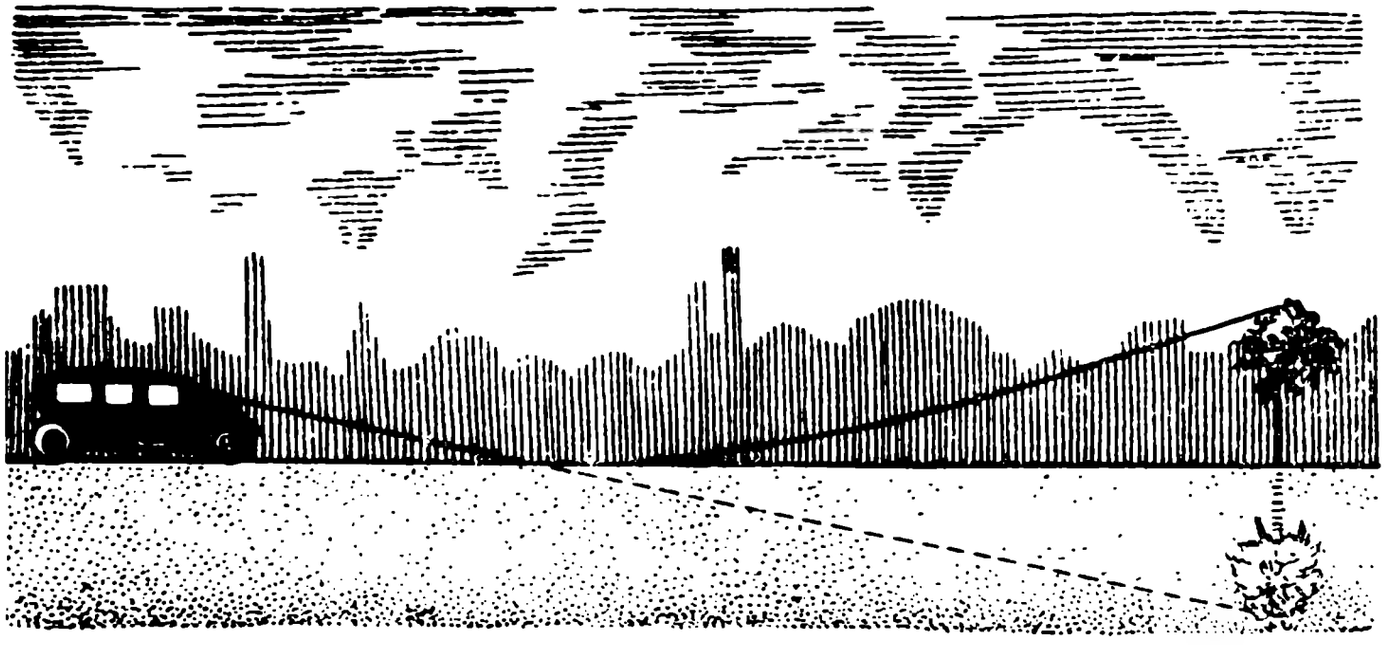


Figura 116 — Mirajul pe o șosea gudronată.

mai dense să se afle la o înălțime mai mare decît cele mai puțin dense. Știm însă că aerul dens, greu, caută totdeauna să coboare și să disloce în sus stratul de gaz mai ușor de sub el. Deci cum poate exista acea așezare a straturilor de aer dens și rarefiat care este necesară pentru formarea mirajului?

Secretul constă în faptul că această amplasare a straturilor de aer nu există în aerul static, ci în cel aflat în mișcare. Stratul de aer încălzit de sol nu rămîne în apropierea acestuia, ci este mereu împins în sus și înlocuit imediat de un nou strat de aer încălzit. Această înlocuire continuă are drept rezultat existența permanentă în apropierea nisipului incandescent a unui strat oarecare de aer rarefiat, pentru că pentru drumul parcurs de razele de lumină nu are nici o importanță faptul că acest aer nu este mereu unul și același.

Genul de miraj examinat mai sus este cunoscut din antichitate. În meteorologia modernă el este numit miraj „inferior“ (spre deosebire de cel „superior“, generat de reflectarea razelor de lumină pe straturile superioare de aer rarefiat din zonele superioare ale atmosferei). Majoritatea oamenilor au convingerea că acest miraj clasic poate fi observat numai în

aerul supraîncălzit din deșerturile Sudului, fără a avea loc vreodată la latitudini nordice. Cu toate acestea, miraju. inferior poate fi urmărit adesea și în ținuturile noastre. Astfel de fenomene sînt deosebit de dese vara pe șoselele asfaltate și gudronate care, datorită culorii lor închise, se încălzesc puternic la Soare. Atunci, din depărtare, suprafața mată a șoselei pare udă și reflectă obiectele îndepărtate. Drumul razelor de lumină care generează acest miraj este reprezentat în figura 116. Dacă aveți un spirit de observație mai dezvoltat, puteți urmări asemenea fenomene mai des decît s-ar crede.

Există încă un gen de miraj, mirajul l a t e r a l, despre care mulți nu au nici măcar o idee cît de vagă. Este vorba de reflexia pe un perete vertical încălzit. Un astfel de caz a fost descris de un autor francez. Apropiindu-se de fortul unei cetăți, el a observat că deodată peretele de beton al fortului a început să strălucească ca o oglindă, reflectînd natura înconjurătoare: solul, cerul. Făcînd încă vreo cîțiva pași, el a observat aceeași schimbare intervenită la celălalt zid al fortului. Părea că suprafața cenușie zgrunțuroasă se transforma, într-o clipă, în una șlefuită. Era o zi toridă de vară, zidurile luminate de soare au fost puternic încălzite, acesta era „misterul" transformării lor în oglindă. În figura 117 este arătată amplasarea zidurilor fortului (F și F') și locul ocupat de observator (A și A'). S-a constatat că mirajul putea fi urmărit ori de cîte ori zidul era încălzit suficient de razele solare. S-a reușit chiar fotografierea acestui fenomen.

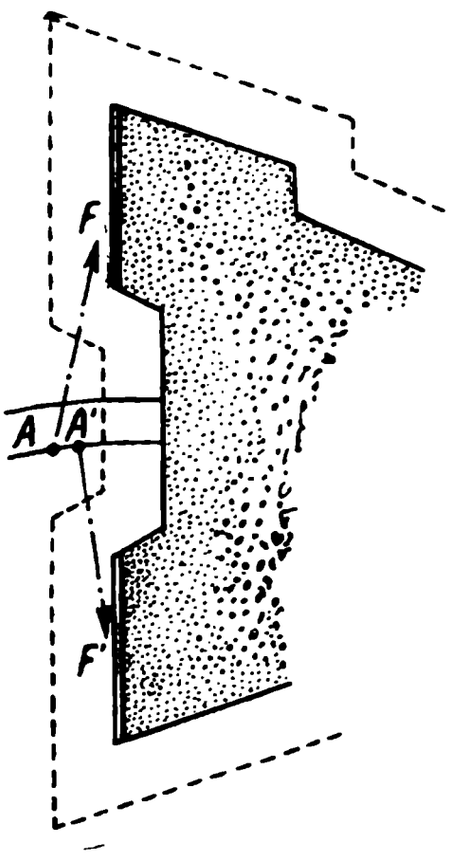


Figura 117 — Planul fortului din care s-a observat mirajul. Peretele F părea făcut din oglindă cînd era privit din punctul A, iar peretele F' — privit din A'.

În figura 118 este reprezentat (stînga) zidul F al fortului: întîi mat, iar apoi lucios (dreapta) ca o oglindă (fotografiat din punctul A'). În fotografia din stînga vedem un beton

cenușiu obișnuit, în care, desigur, nu se pot oglindi figurile celor doi ostași aflați lîngă zid. În dreapta este același zid care, pe cea mai mare parte a suprafeței sale, a căpătat proprietăți de oglindă și figura ostașului celui mai apropiat este

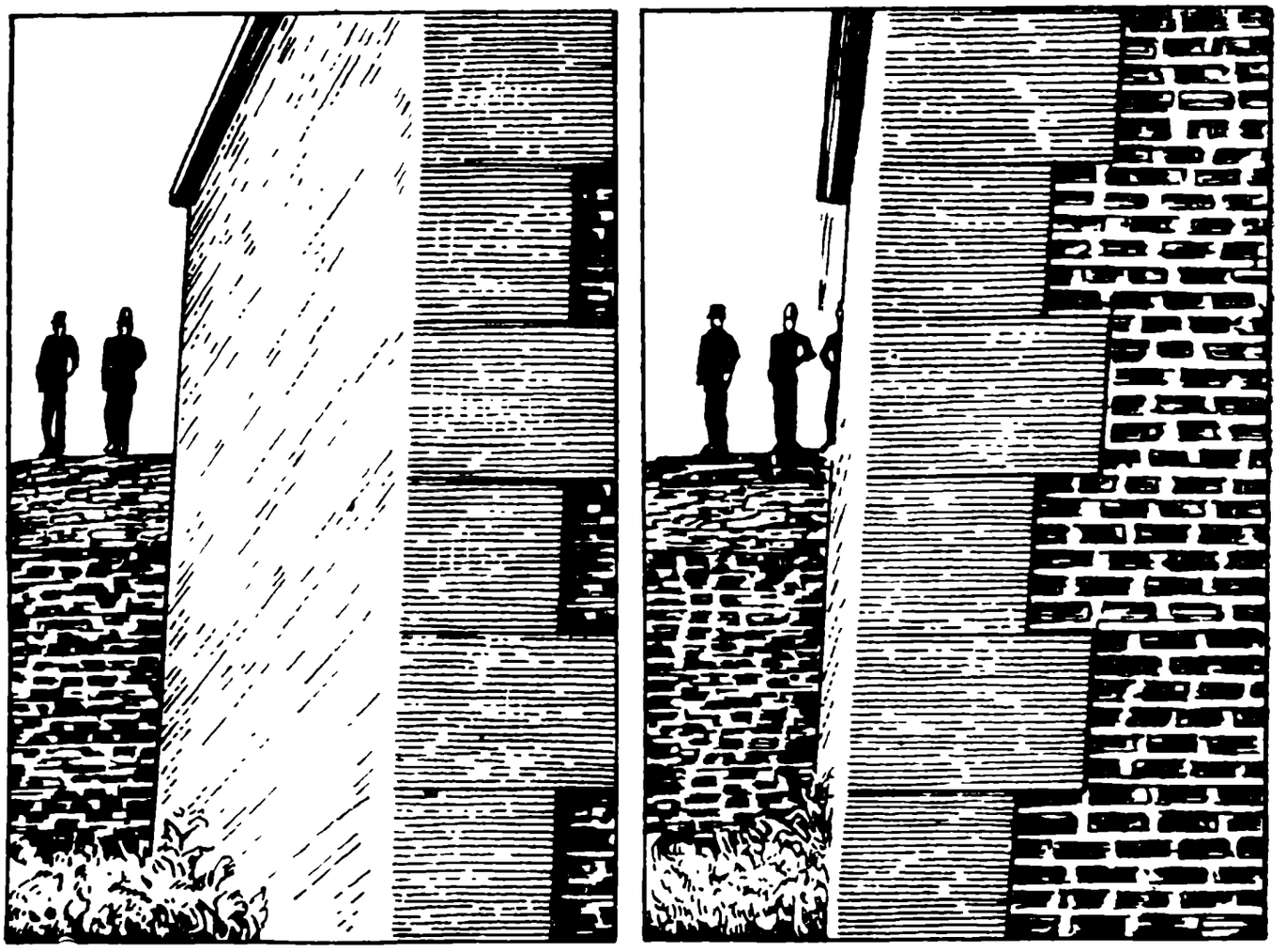


Figura 118 — Peretele zgrunțuros (stînga) devine dintr-o dată șlefuit, parcă ca o oglindă (dreapta).

reflectată, obținîndu-se astfel imaginea lui s i m e t r i c ă. Desigur că aici razele nu sînt reflectate de însăși suprafața zidului, ci de stratul de aer încălzit din imediata lui apropiere.

În zilele foarte calde de vară ar trebui să observați zidurile încălzite ale marilor clădiri și s-ar putea să descoperiți fenomene de miraj mult mai des decît ați crede.

„RAZA VERDE"

„Ați urmărit vreodată Soarele care coboară dincolo de orizontul mării? Fără îndoială că da. L-ați urmărit pînă în clipa cînd marginea superioară a discului lui atinge linia

orizontului și apoi dispare? Probabil că da. Dar ați observat fenomenul care are loc în clipa cînd strălucitorul astru își aruncă ultima rază, cînd cerul este complet senin și transparent? Poate că nu. Să nu pierdeți însă ocazia să observați această clipă: ochiul dumneavoastră nu va intercepta o rază roșie, ci una verde de un verde superb, cum nu poate fi obținut pe paleta nici unui pictor, care nu a fost reprodus nici chiar de măiastra natură, nici în variatele nuanțe ale vegetației, nici în culorile celei mai transparente mări".

O asemenea notiță apărută într-un ziar englezesc a entuziasmat-o pe tînăra eroină din romanul *Raza verde* a lui Jules Verne și a determinat-o să întreprindă un șir întreg de călătorii al căror unic scop era să vadă cu propriii ei ochi minunata rază verde. După cum povestește romancierul, tînăra scoțiană nu a reușit să observe acest superb fenomen al naturii și totuși el există. Raza verde nu este o legendă, deși de ea sînt legate multe lucruri din domeniul legendar. Este un fenomen pe care-l poate admira orice amator al naturii dacă-l va căuta cu răbdarea necesară.

De ce apare raza verde?

Veți înțelege cauza fenomenului dacă vă veți aminti sub ce formă ne apar obiectele cînd le privim printr-o prismă de sticlă. Faceți următoarea experiență: țineți prisma în fața ochiului, orizontal, cu latura lată în jos și priviți prin ea o foaie de hîrtie prinsă cu un cui de perete. Veți observa, în primul rînd, că foaia s-a ridicat mult mai sus de poziția sa reală, iar în al doilea rînd că are în partea de sus o șuviță de culoare violetă-albastră, iar în cea de jos una galbenă-roșie. Înălțarea obiectului se datorește refracției luminii, iar marginile colorate dispersiei sticlei, adică proprietății sticlei de a reflecta în mod inegal razele de culori diferite. Razele violete și albastre sînt refractate mai puternic decît celelalte, de aceea vedem în partea de sus o fîșie violetă-albastră. Cele roșii sînt refractate cel mai slab și de aceea la marginea de jos a hîrtiei noastre apare o fîșie roșie.

Pentru o mai bună înțelegere a celor ce urmează trebuie să ne oprim puțin asupra originii acestor benzi colorate. Lumina albă reflectată de hîrtie este descompusă de prismă în toate culorile spectrului, dînd o mulțime de imagini colorate ale foii de hîrtie, aranjate, în parte suprapunîndu-se, în ordinea indicelui lor de refracție. În urma acțiunii simul-

tane a acestor imagini colorate suprapuse, ochiul interceptează senzaţia de lumină albă (compunerea culorilor spectrului), dar sus şi jos rămîn benzi ale culorilor ce nu s-au compus. Cunoscutul poet Goethe, care a făcut această experienţă fără să-i înţeleagă cauzele, şi-a închipuit că a demascat astfel falsitatea învăţăturii lui Newton despre culori şi a scris apoi propria sa lucrare, *Ştiinţa despre culori*, care se bazează aproape în întregime pe teorii eronate. Credem că cititorul nostru nu va repeta greşeala marelui poet şi nu se va aştepta ca prisma să-i recoloreze toate obiectele.

Pentru ochiul nostru, atmosfera terestră este un fel de prismă aeriană uriaşă, cu baza îndreptată în jos. Privind Soarele la orizont, îl vedem prin această prismă de gaze. În partea de sus, Soarele ne apare cu o bandă de culoarea albastră şi verde, iar în cea de jos cu una roşie şi galbenă. Atît timp cît Soarele se înalţă deasupra orizontului, lumina discului solar, fiind mai puternică, nu ne permite să vedem aceste benzi mai puţin luminoase şi de aceea nu le observăm. Dar în clipele cînd Soarele răsare sau apune, cînd discul lui este ascuns dincolo de orizont aproape în întregime, atunci putem să vedem banda albastră care-i colorează marginea lui de sus. Această bandă este bicoloră: în partea de sus ea este albastră, iar mai jos ea este bleu, în urma amestecării razelor albastre cu cele verzi. Cînd în apropierea orizontului aerul este pur şi foarte transparent, atunci vedem „raza albastră". Dar de cele mai dese ori razele albastre sînt împrăştiate şi rămîne numai banda verde: acesta este fenomenul „razei verzi". În sfîrşit, în marea majoritate a cazurilor, razele albastre şi cele verzi sînt împrăştiate de atmosfera tulbure, şi atunci nu mai este vizibilă nici o bandă: Soarele apune ca un glob purpuriu.

Astronomul G.A.Tihov de la Pulkovo, care i-a consacrat „razei verzi" un studiu special, comunică cîteva indicii ale vizibilităţii acestui fenomen. „Dacă Soarele are la apusul său o culoare roşie şi poate fi observat cu uşurinţă cu ochiul liber, atunci se poate spune cu siguranţă că raza verde nu va apărea". Cauza este evidentă: culoarea roşie a discului solar arată că razele albastre şi verzi, adică banda de sus de pe disc, sînt puternic împrăştiate de atmosferă. „Dimpotrivă — continuă astronomul — dacă culoarea obişnuită galben-deschisă a Soarelui se schimbă puţin şi la apu-

sul său el continuă să strălucească puternic (adică dacă lumina este absorbită puţin de atmosferă), atunci ne putem aştepta ca fenomenul „razei verzi“ să aibă loc. Dar pentru aceasta este necesar ca orizontul să reprezinte o linie orizontală dreaptă, fără neregularităţi, păduri, construcţii etc. Aceste condiţii le îndeplineşte cel mai bine marea; iată de ce raza verde le este atît de bine cunoscută marinarilor.“

Deci pentru a vedea „raza verde“ trebuie să observăm Soarele în momentul apusului sau răsăritului lui, în zilele cu cerul foarte senin. În ţările sudice, cerul la orizont este mai transparent decît la noi, de aceea acolo fenomenul „razei verzi“ este mai frecvent. Dar nici la noi el nu este chiar atît de rar, cum îşi imaginează unii, probabil sub influenţa romanului lui Jules Verne. Căutările perseverente ale „razei verzi“ sînt încununate, mai devreme sau mai tîrziu, de succes. Acest minunat fenomen a putut fi urmărit chiar şi cu luneta.

Doi astronomi alsacieni îl descriu astfel:

„...În ultimul minut care precedă apusul Soarelui, cînd, prin urmare, el se mai vede parţial, discul lui, care are o margine ondulată, dar bine marcată, este înconjurat de un cerc verde. Pînă ce Soarele nu a dispărut dincolo de orizont, această bandă nu poate fi văzută cu ochiul liber. Ea devine vizibilă doar în momentul cînd Soarele dispare complet. Dacă priveşti însă printr-o lunetă cu o scară de mărire suficientă (de aproximativ o sută de ori), atunci poţi observa în amănunt întregul fenomen: banda verde devine vizibilă cu cel mult 10 minute înainte de apusul Soarelui; ea mărgineşte partea de sus a discului, în timp ce marginea de jos este colorată în roşu. Lăţimea benzii, la început foarte mică (doar cîteva secunde de arc), creşte pe măsură ce Soarele apune; ea atinge uneori 1/2 de minut de arc. Deasupra benzii se observă adesea nişte ondulaţii verzi, care, o dată cu dispariţia treptată a Soarelui, lunecă parcă pe marginea lui pînă la punctul superior; uneori ele se rup pe o bandă şi licăresc cîteva secunde izolat pînă cînd se sting“ (fig. 119).

De obicei fenomenul durează o secundă sau două. Dar în împrejurări deosebit de favorabile durata lui este mult mai mare. Se cunoaşte un caz cînd „raza verde“ a fost observată timp de 5 minute. Soarele apunea în spatele unui munte

îndepărtat și observatorul, care mergea cu pas grăbit, a putut urmări banda verde a discului solar care luneca parcă pe panta muntelui (fig. 119).

Sînt interesante cazurile cînd „raza verde" a fost observată la răsăritul Soarelui, cînd marginea de sus a astrului începe

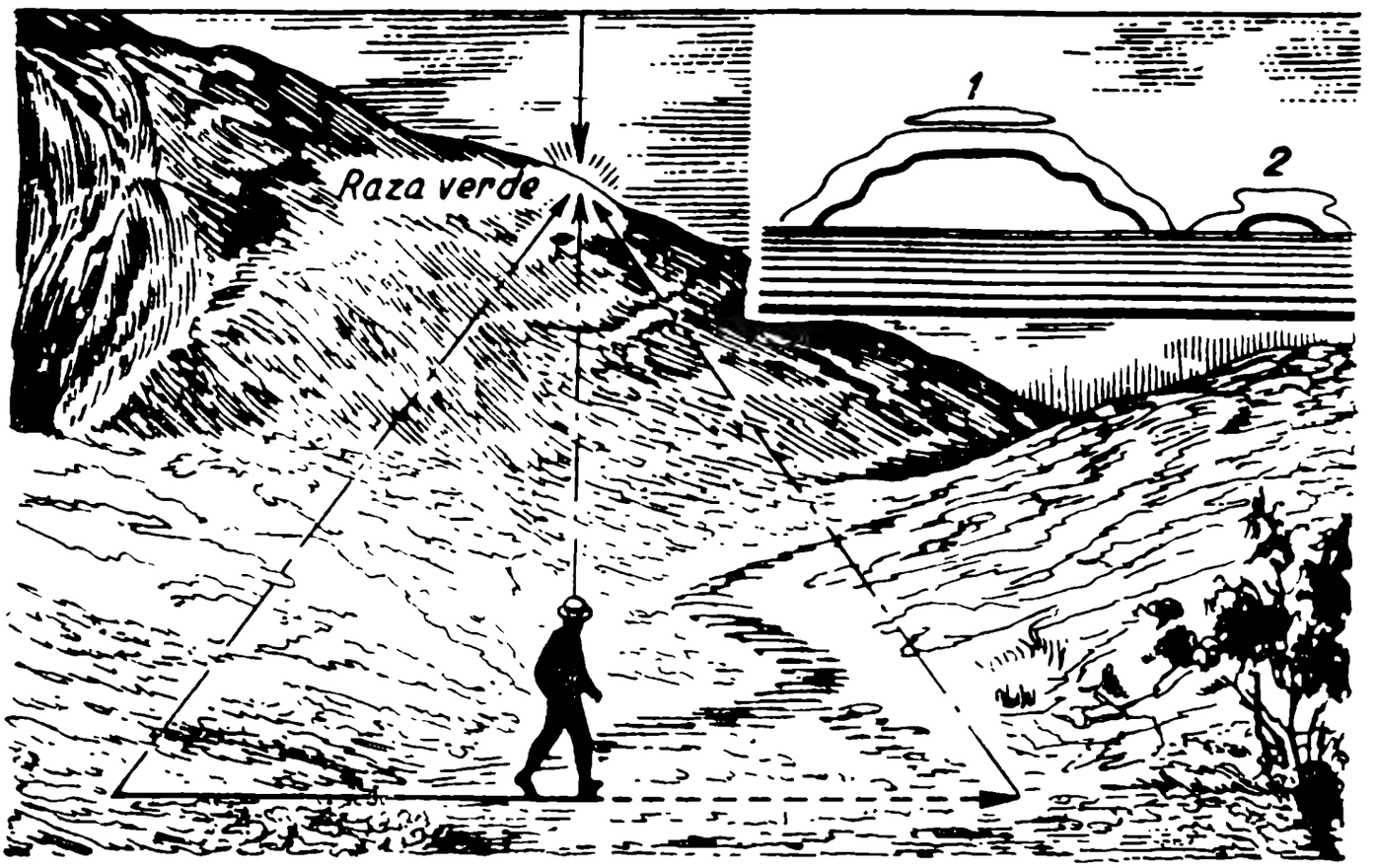


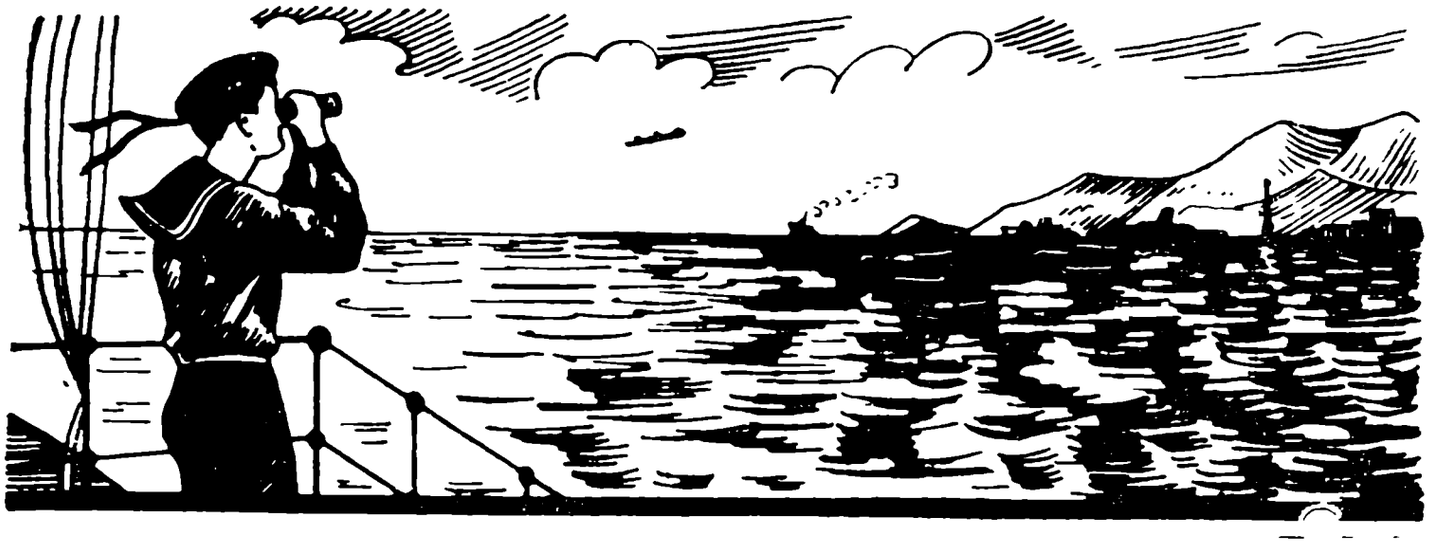
Figura 119 — Observarea îndelungată a „razei verzi"; observatorul a urmărit „raza verde" de dincolo de lanțul de munți timp de 5 minute. Sus în dreapta este reprezentată „raza verde" văzută prin lunetă. Discul Soarelui are contururi neregulate. În poziția 1 strălucirea discului solar orbește ochiul împiedicînd perceperea cu ochiul liber a benzii verzi. În poziția 2, cînd discul Soarelui dispare aproape în întregime, „raza verde" devine accesibilă pentru ochiul liber.

să apară deasupra orizontului. Aceasta demonstrează falsitatea presupunerii că „raza verde" este o iluzie optică datorită faptului că ochiul a fost obosit de strălucirea Soarelui abia apus.

Soarele nu este singurul astru care-și trimite „razele verzi" S-a observat acest fenomen și la apunerea planetei Venus [1].

---

[1] Puteți citi despre miraje și raza verde în excelenta carte a lui M.Minnaert, *Lumina și culoarea în natură*, București, Edit Științifică. *(Nota trad.)*



Capitolul 9

VEDEREA CU UNUL ȘI CU AMÎNDOI OCHII

CÎND NU EXISTA FOTOGRAFIE

În viața noastră, fotografia a devenit un lucru atît de obișnuit, încît nici nu ne putem imagina cum puteau trăi fără ea străbunii noștri încă nu prea îndepărtați. În *Documentele postume ale clubului Pickwick*, Ch. Dickens povestește cu haz cum era imprimată înfățișarea unui om în instituțiile de stat ale Angliei acum 100 de ani. Acțiunea se petrece în închisoarea datornicilor unde a fost adus Pickwick.

Lui Pickwick i s-a spus că el trebuie să stea jos pînă cînd i se va face portretul.

„— Să pozez pentru un portret!? exclamă domnul Pickwick.

— Ca să avem tabloul dv., domnule, spuse temnicerul cel zdravăn. Ne pricepem bine, nu glumă, la portrete. Le luăm într-o clipită și totdeauna exact. Intrați, domnule, și vă rog să vă simțiți ca la dumneavoastră acasă....

Temnicerul cel zdravăn, schimbîndu-și locul, se așezase și-l privea cu indiferență din cînd în cînd, iar un alt bărbat înalt, subțire care-l înlocuise pe temnicer, proptit în față, cu mîinile sub pulpanele hainei, îl privea îndelung. Al treilea ins, care părea cam îmbufnat pentru că fusese pare-se

deranjat de la ceai, căci tot mai mesteca un rest dintr-o coajă de pîine cu unt, luase loc foarte aproape de domnul Pickwick și, cu mîinile în șolduri, îl inspecta din creștet pînă în tălpi...

În cele din urmă, după terminarea portretului, domnul Pickwick fu informat că putea să intre în închisoare".

Mai înainte însă rolul acestor „portrete" imprimate în memorie a fost jucat de o listă întreagă de „semne particulare". Vă reamintesc descrierea lui Grigori Otrepiev în *Boris Gudunov*. „E mic de statură, are pieptul larg, o mînă este mai scurtă decît cealaltă, are ochii albaștri, părul roșu, pe obraz un neg, pe frunte altul." În zilele noastre se anexează pur și simplu o fotografie.

CE NU ȘTIU MULȚI

Fotografia a pătruns la noi în deceniul al cincilea al secolului trecut, sub forma așa-numitei „daghereotipii"[1], imagini pe niște plăci metalice.

Incomoditatea acestei metode constă în aceea că trebuia să se pozeze în fața aparatului un timp destul de îndelungat: zeci de minute...

„Bunicul meu — povestea fizicianul leningrădean prof. B. P. Vainberg — a stat în fața camerei fotografice — și aceasta pentru a obține o singură daghereotipie, care de altfel nici nu poate fi multiplicată — 40 de minute!"

Totuși, posibilitatea de a obține portrete fără participarea pictorului apărea atît de nouă, aproape miraculoasă, încît publicul nu s-a obișnuit prea repede cu această idee. Într-o veche revistă rusă (1845) s-a descris în legătură cu aceasta o întîmplare nostimă:

„Sînt mulți cei care nici acum nu vor să creadă că daghereotipul funcționează singur. Un om pe deplin onorabil a venit să-și comande portretul. Stăpînul (adică fotograful — — *n. aut.*) l-a așezat, a fixat sticlele, a așezat placa, s-a uitat la ceas și a ieșit. Atîta timp cît stăpînul a fost în cameră,

[1] După numele inventatorului acestei metode, Daguerre.

onorabilul domn a stat jos fără mișcare, dar îndată ce a ieșit din cameră, domnul care dorea să-și facă portretul a considerat că nu mai este necesar să rămînă nemișcat, s-a ridicat în picioare, a prizat tutun, a examinat din toate părțile daghereotipul (aparatul), și-a apropiat ochiul de sticlă, a clătinat din cap, a spus „interesantă șmecherie" și a început să se plimbe prin cameră.

Stăpînul s-a înapoiat și, oprindu-se mirat lîngă ușă, a exclamat:

— Ce faceți? v-am spus doar să stați nemișcat!

— Am și stat. M-am sculat numai cînd ai ieșit dumneata.

— Păi tocmai atunci trebuia să stați.

— De ce să stau degeaba?"

Dragă cititorule, ți se pare probabil că sîntem acum departe de orice concepții naive despre fotografie. Dar nici în timpurile noastre majoritatea oamenilor nu s-au obișnuit încă pe deplin cu fotografia și, printre altele, sînt puțini cei care știu să privească măcar o fotografie. Vi se pare că nu e aici nici o filozofie: iei fotografia în mînă și o privești. Dar lucrul acesta nu este chiar atît de simplu: fotografiile fac parte din acele obiecte de uz curent pe care nu știm să le folosim corect, cu toate că răspîndirea lor este atît de largă. Majoritatea fotografilor amatori și profesioniști, fără a mai vorbi despre ceilalți, n u ș t i u s ă p r i v e a s c ă f o t o g r a f i i l e așa cum trebuie. De aproape o sută de ani se cunoaște arta fotografiei și, cu toate acestea, puțini știu să privească fotografiile.

ARTA DE A PRIVI FOTOGRAFIILE

Prin structura sa, camera fotografică este un ochi mare: ceea ce se imprimă pe sticla ei mată depinde de distanța dintre obiectiv și obiectele fotografiate. Aparatul fotografic fixează pe placă perspectiva care ar fi apărut în fața ochiului nostru (notați-vă: a u n u i ochi!) așezat în locul obiectivului. De aici rezultă că dacă dorim să obținem de la fotografie aceeași impresie vizuală ca și de la natură însăși trebuie:

1) să privim fotografia cu un singur ochi și
2) să ținem fotografia la distanța cuvenită față de ochi.

Nu este greu de înțeles că privind fotografia cu ambii ochi, noi trebuie să vedem inevitabil un tablou plan și nu o imagine care are adîncimi. Aceasta rezultă cu necesitate din particularitățile vederii noastre. Cînd privim un corp material, pe retina ochilor noștri nu se obțin imagini identice: ochiul drept nu vede exact același lucru ca cel stîng (fig. 120). Tocmai această deosebire dintre imagini este cauza principală a faptului că obiectele ne apar sub formă de corpuri: conștiința noastră contopește ambele impresii într-o singură imagine în relief (după cum se știe, pe aceasta se bazează construcția stereoscopului). Altfel stau lucrurile dacă în fața noastră se află un obiect plan, de exemplu suprafața unui perete; atunci ambii ochi capătă percepții cu totul identice; pentru conștiință, această identitate este un indiciu al întinderii plane a obiectului.

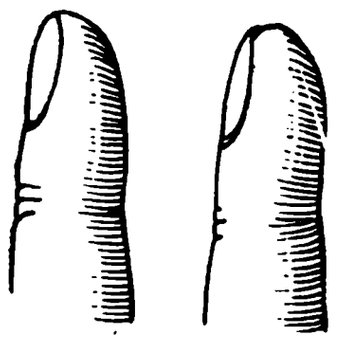


Figura 120 — Cum apare degetul pentru ochiul stîng și pentru cel drept, dacă ținem mîna în apropierea feței.

Acum este clar ce greșeală comitem cînd privim fotografia cu ambii ochi; astfel noi trezim în conștiința noastră convingerea că în fața noastră se află un tablou plan! Cînd oferim ambilor ochi o fotografie care-i este destinată doar unuia, atunci nu putem vedea ceea ce ar trebui să ne sugereze fotografia; această greșeală împrăștie întreaga iluzie creată cu atîta perfecțiune de camera fotogenică.

LA CE DISTANȚĂ TREBUIE ȚINUTĂ FOTOGRAFIA?

Tot atît de importantă este și cea de a doua regulă: a ține fotografia la distanța cuvenită de ochi; în cazul contrar nu avem perspectiva corectă.

Care trebuie să fie această distanță?

Pentru a obține impresia scontată, fotografia trebuie privită sub același unghi sub care obiectivul aparatului a „văzut“ imaginea de pe sticla mată a camerei, sau, ceea ce este același lucru, sub care „a văzut“ el obiectele fotografice (fig. 121). De aici rezultă că fotografia trebuie apropiată de

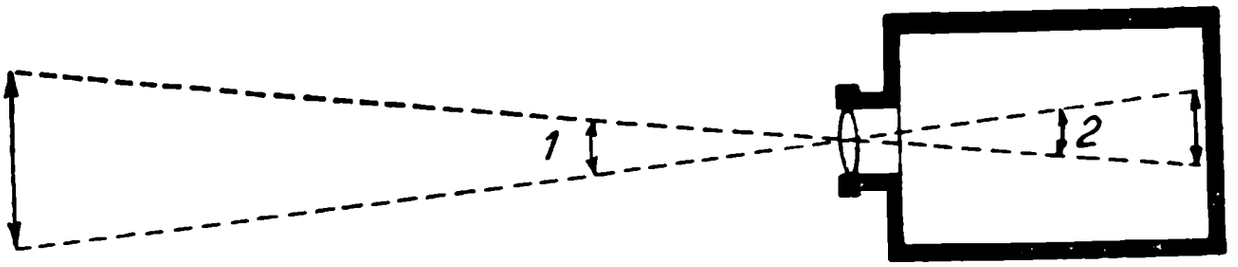


Figura 121 — În aparatul fotografic unghiul 1 este egal cu unghiul 2.

ochi la o distanță care este de atîtea ori mai mică decît distanța de la obiect la obiectiv, de cîte ori imaginea obiectului este mai mică decît mărimea naturală. Cu alte cuvinte, fotografia trebuie ținută la o distanță aproximativ egală cu distanța focală a obiectivului.

Dacă ținem seama de faptul că la majoritatea aparatelor de amatori distanța focală este egală cu 12—15 cm,[1] vom înțelege că nu am privit niciodată astfel de fotografii la distanța cuvenită: distanța vederii distincte pentru ochiul normal (25 cm) este aproape de două ori mai mare decît cea indicată. Ne apar plane și fotografiile atîrnate pe perete, ele fiind privite de la o distanță și mai mare.

Numai oamenii miopi, cu lungimea de vedere distinctă redusă (precum și copiii care au capacitatea de a vedea la distanță mică), își pot permite plăcerea de a admira efectul dat de o simplă fotografie privită în mod corespunzător (cu un singur ochi). Ținînd fotografia la 12—15 cm de ochi, ei nu văd un tablou plan, ci o imagine în relief, în care planul din față este detașat de cel din spate, ca în stereoscop.

Cred că acum cititorul va fi de acord că, în majoritatea cazurilor, numai necunoașterii noastre i se datorează faptul că nu obținem de la unele fotografii întreaga satisfacție pe

---

[1] În textul care urmează autorul are în vedere aparatele fotografice de tipul celor care erau răspîndite în perioada scrierii *Fizicii distractive*. (*Nota red. sovietice.*)

care ele o oferă și ne plîngem adesea zadarnic de lipsa lor de viață. Totul se explică prin aceea că noi nu ne plasăm ochiul în punctul cuvenit și privim cu a m b i i ochi imaginea destinată doar unuia singur.

ACȚIUNEA CURIOASĂ A LUPEI

După cum am observat mai sus, oamenii miopi pot vedea în relief fotografiile obișnuite. Dar ce să facă oamenii cu vederea normală? Ei nu pot apropia imaginea prea mult de ochi, dar pot folosi în schimb lupa. Privind fotografia printr-o lupă care mărește de două ori, oamenii cu vederea normală se pot bucura cu ușurință de avantajele celor miopi, adică, fără a-și încorda privirea, pot vedea cum fotografia apare în relief și în adîncime. Deosebirea dintre impresia astfel obținută și ceea ce vedem privind fotografia cu ambii ochi de la distanță este imensă. O astfel de metodă de a privi fotografiile obișnuite înlocuiește aproape efectele stereoscopului.

Acum este clar de ce adesea fotografiile apar în relief dacă sînt privite cu un singur ochi prin lupă. Acest lucru este bine cunoscut. Dar rareori se dă explicația justă. În această privință, unul dintre recenzenții *Fizicii distractive* mi-a scris:

„În ediția următoare examinați problema: de ce printr-o lupă obișnuită fotografia apare în relief? Părerea mea este că întreaga explicație complicată a stereoscopului nu este invulnerabilă. Încercați să priviți prin stereoscop cu un singur ochi: impresia de relief se păstrează, în ciuda teoriei".

Desigur că acum cititorii își dau seama că teoria stereoscopului nu este de loc infirmată prin acest fapt.

Pe același fenomen se bazează interesantul efect al așezămintelor „panorame" care se vînd prin magazinele de jucării. În aceste aparate mici, o fotografie obișnuită care reprezintă un piesaj sau un grup de oameni este privită printr-o lupă cu un singur ochi. Aceasta este deja suficient pentru a avea impresia de relief: iluzia este de obicei intensificată prin decuparea unor obiecte din primul plan și plasarea lor

în fața fotografiei; ochiul nostru este foarte sensibil față de relieful obiectelor apropiate și mult mai puțin sensibil față de cel al obiectelor mai depărtate.

MĂRIREA FOTOGRAFIILOR

Oare fotografiile nu pot fi astfel realizate încît un ochi n o r m a l să le poată vedea corect fără a recurge la lentile? Lucrul acesta este pe deplin posibil; pentru aceasta este suficientă folosirea camerelor ale căror obiective au distanța focală mare. După cele arătate mai sus este clar că fotografia obținută cu ajutorul unui obiectiv cu distanța focală de 25—30 cm poate fi privită (cu un singur ochi) de la o distanță obișnuită: ea ne va apărea suficient reliefată.

Se pot obține de asemenea fotografii care nu vor părea plane chiar privite cu a m b i i o c h i de la o distanță mare. Am mai arătat că, în cazul cînd ambii ochi primesc de la un obiect oarecare două imagini identice, atunci conștiința noastră le contopește într-un singur tablou plan. Dar această tendință scade mult o dată cu creșterea distanței. Practica ne arată că fotografiile obținute cu ajutorul unui obiectiv cu distanță focală de 70 cm pot fi privite cu ambii ochi fără a se pierde ceva din perspective.

Dar necesitatea de a dispune de un obiectiv cu distanță focală mare prezintă o oarecare incomoditate. De aceea indicăm și o altă metodă: ea constă în m ă r i r e a fotografiei obținute cu un aparat obișnuit. În felul acesta se lungește în mod corespunzător și distanța corectă de la care trebuie privită fotografia. Dacă o fotografie luată cu un obiectiv de 15 cm este mărită de 4 sau 5 ori, aceasta este deja suficient pentru obținerea efectului dorit: fotografia mărită poate fi privită cu ambii ochi de la o distanță de 60—75 cm. O oarecare neclaritate a fotografiei nu dăunează impresie pentru că ea este puțin vizibilă de la distanță. În schimb, fotografia cîștigă în ceea ce privește perspectiva și impresia de relief.

LOCUL OPTIM ÎN SALA DE CINEMATOGRAF

Cei care frecventează des sălile de cinema au observat probabil că unele filme dau o impresie mai puternică de relief decît altele: figurile se desprind din planul din fund și sînt atît de bombate, încît uiți chiar de existența pînzei și vezi parcă aievea peisajul sau artiștii, ca pe scenă.

Această impresie de reliefare a imaginilor nu depinde, după cum se crede adesea, de înseși proprietățile benzii respective, ci de locul pe care-l ocupă spectatorul. Filmele de cinema, deși sînt realizate cu ajutorul unor camere cu distanță focală foarte mică, se proiectează pe ecran după ce au fost mult mărite, de vreo sută de ori, astfel încît pot fi privite cu ambii ochi de la o distanță mare (10 cm × 100 = 10 m). Impresia maximă de relief se obține cînd vizionăm filmul sub același unghi sub care „privea" aparatul în timpul filmării. În acest caz vom percepe o perspectivă ca în natură.

Dar cum aflăm care este distanța corespunzătoare acestui unghi de vedere optim? Pentru aceasta locul trebuie ales astfel, încît, în primul rînd, el să fie drept în mijlocul filmului, iar în al doilea rînd la o astfel de distanță de ecran încît aceasta să fie de atîtea ori mai mare decît lățimea filmului de cîte ori distanța focală a obiectivului este mai mare decît lățimea benzii filmului de cinematograf.

Pentru filme de cinema de cele mai multe ori sînt folosite camerele cu distanța focală de 35, 50, 75 și 100 mm, în funcție de caracterul filmărilor. Lățimea standard a filmului este de 24 mm. Astfel, de exemplu, pentru obiectivul cu distanța focală de 75 mm avem relația:

$$\frac{\text{distanța căutată}}{\text{lățimea filmului}} = \frac{\text{distanța focală}}{\text{lățimea benzii}} = \frac{75}{24} \approx 3.$$

Astfel, pentru a afla la ce distanță de ecran trebuie să ne așezăm în acest caz, este suficient să înmulțim lățimea filmului pe ecran cu 3. Dacă lățimea imaginii pe ecran este de 6 pași, atunci locul cel mai bun pentru vizionarea acestor cadre este situat la 18 pași de ecran.

Acest fapt nu trebuie pierdut din vedere atunci cînd se experimentează diferitele propuneri care au drept scop de a

face ca filmele să capete un aspect stereoscopic: este ușor să i se atribuie invenției experimentate ceea ce este datorat cauzelor arătate mai sus.

UN SFAT DAT CITITORILOR DE REVISTE ILUSTRATE

Reproducerile de fotografii din cărți și reviste au, desigur, aceleași proprietăți ca și fotografiile originale: ele devin de asemenea mai reliefate dacă sînt privite cu un singur ochi și de la distanța cuvenită. Deoarece fotografiile au fost realizate cu ajutorul unor aparate cu distanțe focale diferite, distanța optimă pentru examinarea lor trebuie găsită prin încercări. Închizînd un ochi, țineți ilustrația în mîna întinsă, astfel încît planul ei să fie perpendicular pe raza vizuală, iar ochiul deschis să se afle în dreptul mijlocului fotografiei. Apropiați acum treptat fotografia, privind-o mereu; veți prinde cu ușurință momentul cînd el vă va apărea cel mai reliefat.

Multe fotografii, neclare și plane la prima privire, capătă profunzime și claritate dacă sînt privite așa cum s-a recomandat mai sus. Adesea în felul acesta devin vizibile luciul apei și alte efecte pur stereoscopice.

Este de mirare faptul că lucruri atît de simple sînt atît de puțin cunoscute, deși aproape tot ce s-a expus aici s-a scris în cărțile de popularizare încă cu peste o jumătate de veac în urmă. În cartea lui W. Carpenter *Bazele fiziologiei inteligenței*, editată în limba rusă încă din 1877, citim următoarele despre felul cum trebuie privită o fotografie:

„Este remarcabil faptul că efectul acestui mod de a privi tablourile fotografiate (cu un ochi!) nu se limitează la degajarea în relief a obiectului; alte particularități se manifestă cu o vioiciune și realitate incomparabil mai mari, completînd iluzia. Aceasta se referă mai ales la reprezentarea apelor statice, latura cea mai slabă a imaginilor fotografice în condițiuni obișnuite. Dacă o astfel de imagine a apei este privită cu a m b i i ochi, atunci suprafața pare ca de ceară;

dar dacă o privim cu un singur ochi, îi percepem cu uimire transparența și adîncimea. Același lucru se poate spune și despre diferitele proprietăți ale suprafețelor care reflectă lumina, de exemplu bronzul și fildeșul. Materialul din care este făcut obiectul reprezentat în fotografie se recunoaște mult mai ușor privind cu un singur ochi".

Mai atragem atenția asupra unui fapt. Dacă prin mărire fotografiile capătă mai multă viață, atunci prin micșorarea lor ele pierd în această privință. Este drept că fotografiile micșorate apar mai clare și cu un contrast mai puternic, dar ele sînt plane și nu produc impresia de adîncime și de relief. După toate cele spuse mai sus, cauza este clară: o dată cu micșorarea fotografiei se micșorează și „distanța de perspectivă" corespunzătoare, care, de obicei, este și așa mică.

CUM TREBUIE PRIVITE TABLOURILE

Cele spuse despre fotografii sînt valabile în mare parte și pentru tablourile create de mîna pictorului: ele pot fi privite cel mai bine de la o distanță adecvată. Numai în acest caz veți percepe perspectiva și tabloul nu vi se va părea plan, ci adînc și bine reliefat. Este bine de asemenea să-l privim tot cu un singur ochi, mai ales dacă el este de dimensiuni reduse.

„Se știe de mult — scria în această privință psihologul englez W. Carpenter în lucrarea menționată mai sus — că la o examinare mai atentă a tabloului, unde condițiile de perspectivă, lumina, umbrele și amplasarea generală a detaliilor corespund cu strictețe realității reprezentate, impresia produsă este mult mai vie dacă privim cu un singur ochi și nu cu amîndoi și că efectul se amplifică cînd privim printr-o lunetă care înlătură tot ce înconjură tabloul. Acest fapt era explicat cu totul greșit în trecut. «Noi vedem cu un ochi mai bine decît cu amîndoi — spunea Bacon — pentru că spiritele vieții se concentrează astfel într-un loc și acționează cu mai multă forță».

De fapt însă, cînd privim tabloul cu a m b i i ochi de la o distanţă moderată, atunci sîntem nevoiţi să-l considerăm drept o suprafaţă plană; cînd privim însă cu un singur ochi, atunci creierul nostru este mai sensibil la impresia de perspectivă, lumină, umbră etc. De aceea, dacă privim cu încordare, tabloul ne apare în curînd în relief şi poate atinge chiar materialitatea unui peisaj real. Deplinătatea iluziei va depinde mai ales de veridicitatea cu care a fost reprodusă în tablou proiecţia reală a obiectelor de plan. Avantajele privirii cu un singur ochi depind în aceste cazuri de faptul că creierul nostru este liber să înţeleagă tabloul atunci cînd nimic nu-l forţează să vadă în el un tablou plan".

Fotografiile micşorate după tablouri mari dau adesea o iluzie de relief mai deplină decît originalul. Veţi înţelege cauza acestui fenomen dacă vă veţi aminti că la micşorarea tabloului se reduce acea distanţă, de obicei mare, de la care urmează a privi imaginea; de aceea fotografia poate fi văzută în relief deja la o distanţă mai apropiată.

REPREZENTAREA ÎN PLAN A OBIECTELOR SPAŢIALE

Toate cele spuse mai sus despre modul cum trebuie privite fotografiile, precum şi picturile şi gravurile, rămînînd juste în esenţă, nu trebuie totuşi înţelese în sensul că orice altă metodă de examinare a tablourilor plane nu poate produce asupra spectatorilor impresia de spaţiu. Fiecare artist, pictor, grafician sau fotograf îşi construieşte imaginea astfel încît ea să-l impresioneze pe spectator, indiferent de modul în care acesta o va examina; el nu poate conta pe faptul că vizitatorul expoziţiei va ocoli sălile cu un ochi închis şi va măsura distanţele de la care trebuie privit fiecare tablou.

Tehnica oricărei arte interpretative, inclusiv a fotografiei, dispune de posibilităţi largi pentru a reproduce spaţiu tridimensional în plan. Neidentitatea imaginilor obiectelor inegal depărtate, date de ambii ochi, nu este pentru noi singura sursă de percepere a adîncimii imaginii. Posibili-

tatea de a distinge diferitele planuri ale tabloului ne este oferită în mare măsură de așa-numita „perspectivă aeriană", datorită căreia obiectele îndepărtate ne par mai puțin clare parcă sub vălul ușor de aer fumuriu.

Dacă planurile mai îndepărtate sînt reprezentate mai puțin clar și în tonuri mai deschise, atunci toate acestea, laolaltă cu dimensiunile diferite ale obiectelor situate la distanțe diferite, produc impresia de adîncime spațială independent de modul cum este privit tabloul. Pictorul poate crea o astfel de „perspectivă aeriană" combinînd culorile și nuanțele într-un mod corespunzător. Fotograful artist obține un efect analog prin alegerea luminii, folosirea unui obiectiv cu contrast plăcut, precum și a unei hîrtii fotografice adecvate, care să permită realizarea unei varietăți suficiente de tonalități luminoase. În fotografie, mare importanță o are și buna centralizare focală: dacă planul frontal este mai contrastant, iar celelalte plane mai îndepărtate „nu sînt în focar", atunci în multe cazuri deja aceasta este suficient pentru a crea impresia de adîncime; dimpotrivă, dacă la folosirea unei diafragme înguste toate planurile apar la fel de contrastante, atunci imaginea pierde din adîncime și apare plană.

În general depinde de priceperea artistului acea influență psihică exercitată asupra spectatorului datorită căreia acesta din urmă percepe imaginea plană ca pe una spațială independent de condițiile fiziologice ale impresiilor vizuale, uneori chiar dacă legile perspectivei geometrice au fost încălcate.

CE ESTE STEREOSCOPUL?

Trecînd de la tablouri la corpuri tridimensionale, ne punem întrebarea: de ce corpurile ne apar ca avînd un volum și nu plane? Doar imaginea obținută pe retina ochiului nostru este plană. Cum se întîmplă deci că obiectele privite de noi ne apar ca tridimensionale și nu plane?

Aici acționează mai multe cauze. În primul rînd, gradul diferit de iluminare a diferitelor părți ale obiectelor ne permite să ne dăm seama de forma lor. În al doilea rînd, are

importanţă şi încordarea pe care o simţim cînd ne acomodăm ochiul pentru a percepe clar diferitele părţi, inegal depărtate, ale obiectului cu trei dimensiuni: toate punctele unui tablou plan sînt egal depărtate de ochi, în timp ce diferitele puncte ale unui obiect volumetric se află la distanţe diferite, şi,

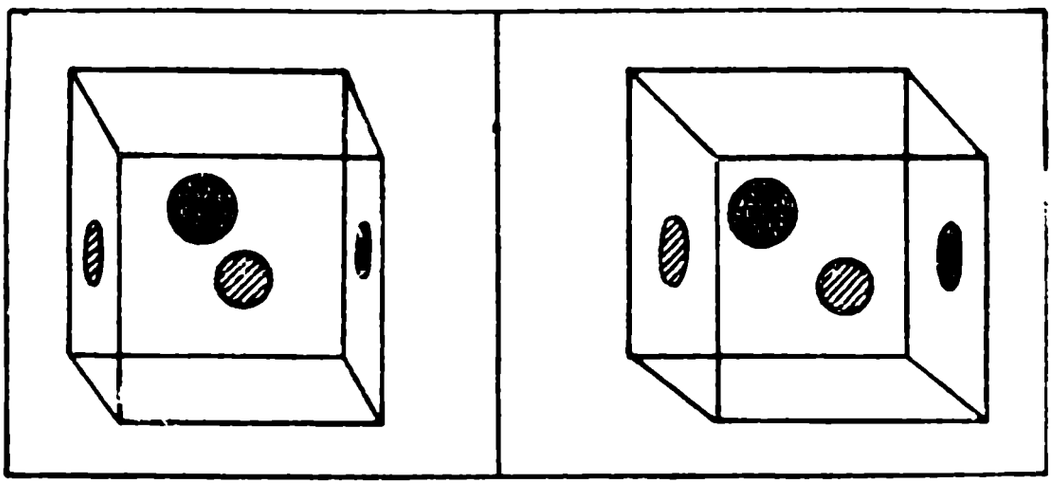


Figura 122 — Un cub de sticlă cu pete, privit cu ochiul stîng şi cu cel drept.

pentru a le putea vedea clar, ochiul trebuie „să se acomodeze" în mod inegal. Dar serviciul cel mai mare ni-l face faptul că imaginile recepţionate de fiecare ochi în parte nu sînt identice. Este uşor să ne convingem de acest lucru privind un obiect oarecare din apropiere succesiv cu cîte un ochi. Imaginea percepută astfel nu este identică pentru ambii ochi; în fiecare dintre ei tabloul este întrucîtva altul, şi tocmai această deosebire, interpretată de conştiinţa noastră, ne dă impresia de relief (fig. 120 şi 122.)

Imaginaţi-vă acum două desene ale aceluiaşi obiect: primul reprezintă obiectul aşa cum apare el ochiului stîng, iar cel de-al doilea aşa cum apare el ochiului drept. Dacă privim aceste imagini astfel încît fiecare ochi să-şi vadă numai desenul „său", atunci în loc de două desene plane vedem unul în relief, chiar mult mai reliefat decît corpurile respective privite cu un singur ochi. Astfel de perechi de desene trebuie privite cu ajutorul unui dispozitiv special, numit stereoscop. Contopirea ambelor imagini se realizează în vechile stereoscoape cu ajutorul unor oglinzi, iar în cele mai noi cu ajutorul unor prisme de sticlă convexe; ele refractă razele astfel încît prin prelungirea lor imaginară ambele imagini (puţin mărite datorită convexităţii prismelor) se suprapun. După

cum vedem, ideea stereoscopului este foarte simplă, dar cu atît mai surprinzător este efectul obținut prin mijloace atît de simple.

Este neîndoielnic faptul că majoritatea cititorilor noștri au avut ocazia să vadă fotografiile stereoscopice ale diferitelor scene și peisaje. Poate că unii dintre ei au privit prin stereoscop și unele desene ale diferitelor figuri, realizate în scopul studiului stereometriei. În cele ce urmează nu vom mai vorbi despre aceste aplicații mai mult sau mai puțin cunoscute ale stereoscopului, ci ne vom opri numai asupra acelora dintre ele pe care, credem, majoritatea cititorilor nu le cunosc.

STEREOSCOPUL NOSTRU NATURAL

La examinarea imaginilor stereoscopice ne putem lipsi chiar de orice aparat: trebuie doar să ne obișnuim să privim aceste imagini într-un mod corespunzător. Se obține același rezultat ca și cu ajutorul stereoscopului, cu deosebirea doar că imaginea nu este mărită. Inventatorul stereoscopului, Wheatstone, a recurs la început tocmai la aceste mijloace naturale.

Alătur aici o serie întreagă de desene stereoscopice, din ce în ce mai complexe, sfătuind pe cititori să caute să le privească direct, fără stereoscop. Succesul se obține numai după mai multe exerciții [1].

Începeți cu figura 123, o pereche de puncte negre. Țineți desenul în fața ochilor și timp de cîteva secunde fixați-vă privirea asupra intervalului dintre cele două pete; faceți totodată efortul pe care-l depuneți pentru a privi un obiect așezat mai departe în spatele desenului. În curînd după aceasta veți observa deja patru pete în loc de două: fiecare

---

1 Trebuie să menționez faptul că abilitatea de a vedea stereoscopic chiar folosind stereoscopul, nu poate fi obținută de toți oamenii; unii (de exemplu cei cu privire șașie sau cei care s-au obișnuit să folosească un singur ochi) sînt cu totul incapabili să vadă stereoscopic; alții reușesc după numeroase exerciții; în sfîrșit alții, mai ales oamenii tineri, capătă această deprindere foarte repede, într-un sfert de oră.

cerculeț se va dubla. Apoi punctele laterale se vor depărta, iar cele interioare se vor apropia și se vor contopi. Dacă veți repeta aceeași experiență cu figurile 124 și 125, atunci în ultimul caz veți avea în fața ochilor interiorul unei țevi lungi care se depărtează.

Realizînd și acest lucru, puteți trece la figura 126; aici trebuie să vedeți niște corpuri geometrice care sînt suspendate în aer. Figura 127 ne reprezintă coridorul lung al unei clădiri de piatră sau un tunel, iar în figura 128 puteți admira iluzia unei sticle transparente de acvariu. În sfîrșit, în figura 129 în fața noastră este deja un tablou întreg, un peisai marin.

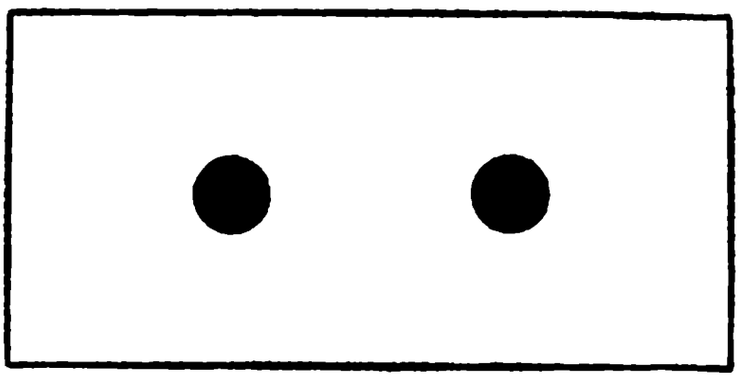


Figura 123 — Fixați privirea cîteva secunde pe intervalul dintre pete. Ambele pete negre se contopesc.

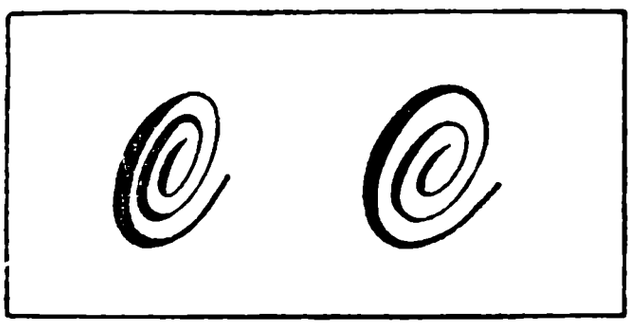


Figura 124 — Repetați experiența cu această pereche de desene. Obținînd contopirea, treceți la exercițiul următor.

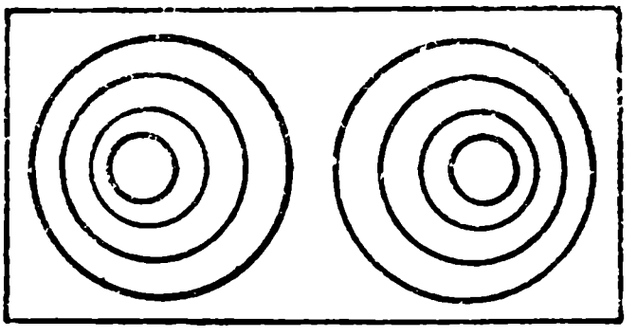


Figura 125 — Cînd aceste imagini se contopesc, veți vedea în fața voastră interiorul unei țevi care pleacă în depărtare.

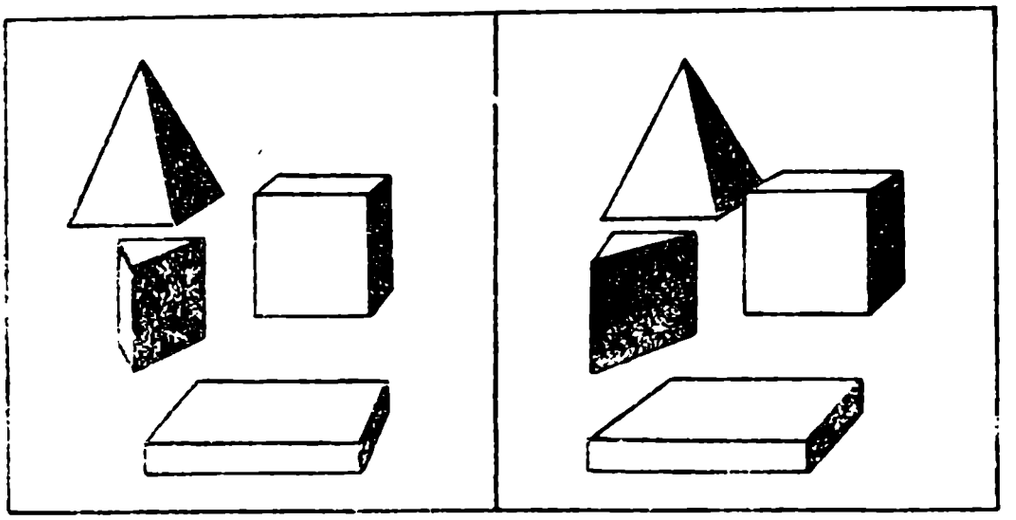


Figura 126 — Aceste patru corpuri geometrice, la contopirea imaginilor, apar ca suspendate în aer.

Este relativ ușor să ne obișnuim să privim astfel direct perechile de imagini. Mulți dintre cunoscuții mei au deprins această artă într-un timp scurt, după un număr mic de încer-

cări. Miopii și prezbiții, care poartă ochelari, pot să nu și-i scoată, ci să privească imaginea așa cum se privește orice tablou. Încercați să apropiați și să depărtați desenul de ochi pînă găsiți distanța necesară. În orice caz, experiențele trebuie făcute la o lumină bună; aceasta contribuie la succes.

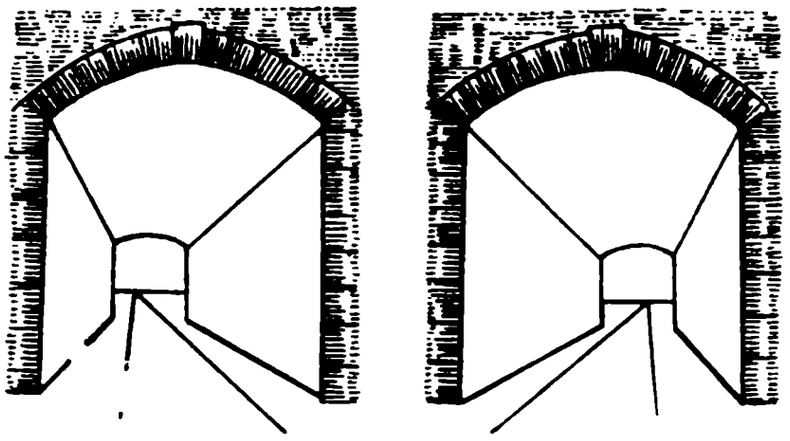


Figura 127 — Un coridor lung, care pleacă în depărtare.

Învățîndu-vă să priviți fără stereoscop desenele reprezentate aici, puteți folosi experiența

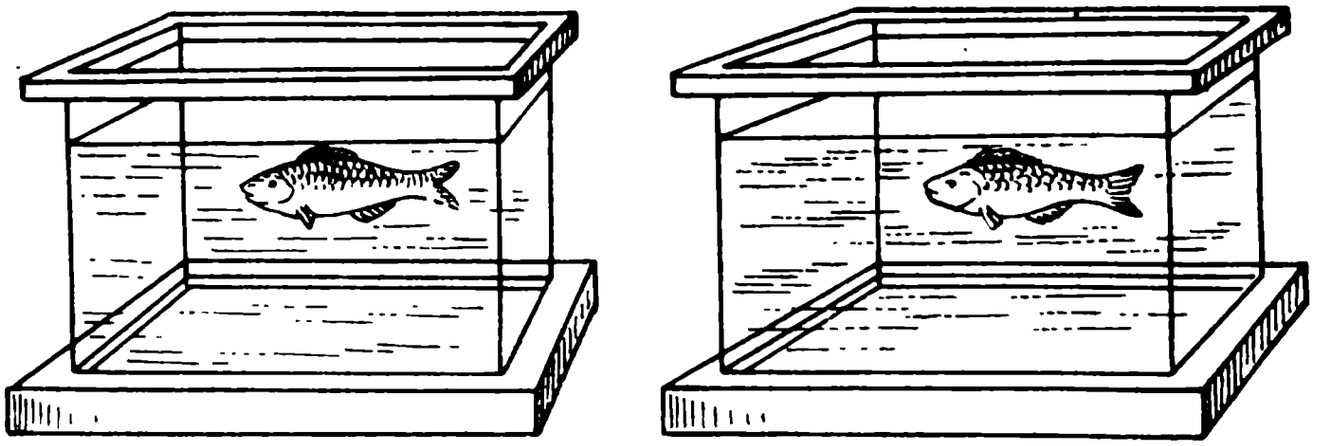


Figura 128 — Un pește în acvariu.

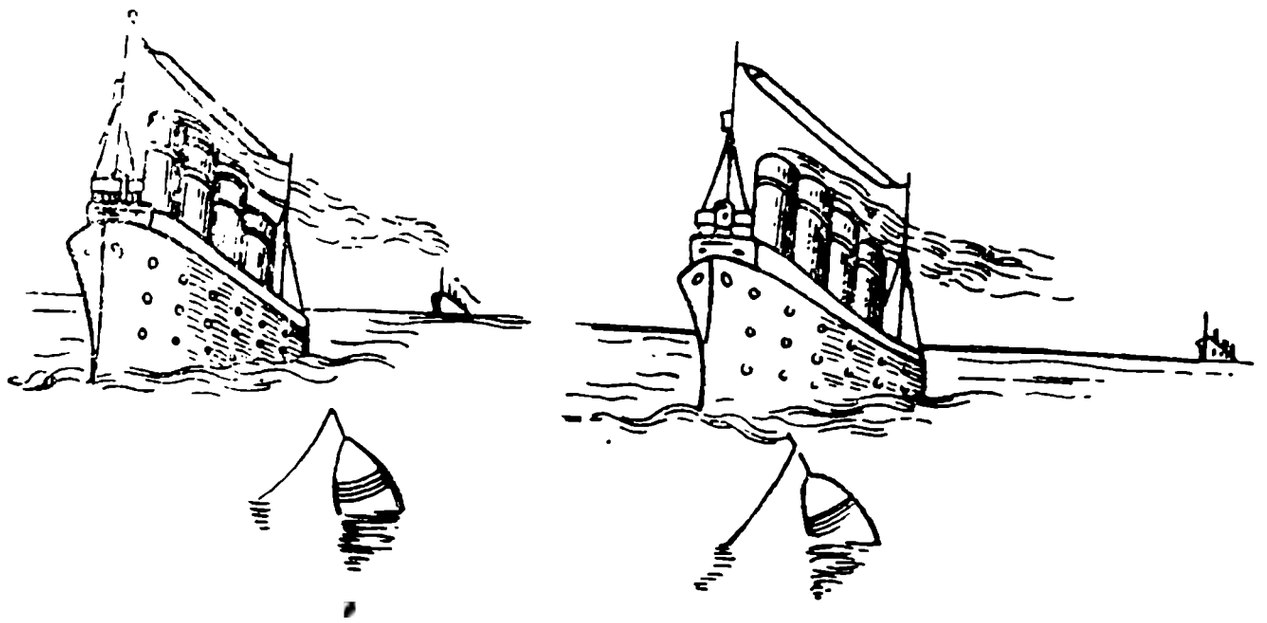


Figura 129 — Aspectul stereoscopic al mării.

acumulată pentru a privi în general fotografiile stereoscopice lipsindu-vă de un aparat special. Puteți încerca să priviți cu ochiul liber și desenele stereoscopice din figurile 130

și 133. Totuși, nu trebuie să exagerați în exercițiile dumneavoastră pentru a nu obosi ochii.

Dacă nu veți reuși să vă deprindeți să vă comandați cum trebuie ochii, atunci, neavînd la îndemînă un stereoscop, puteți folosi lentilele de ochelari pentru prezbiți; ele trebuie astfel lipite sub deschizăturile făcute într-un carton, încît să puteți privi numai prin marginile interioare ale sticlelor; între desene trebuie să așezăm un obstacol oarecare. Acest stereoscop simplu își atinge pe deplin scopul.

CU UNUL ȘI CU DOI OCHI

În figura 130 în stînga sus sînt reproduse niște fotografi care reprezintă trei sticle de farmacie care par a fi de aceleași dimensiuni. Oricît de atent veți privi aceste imagini, nu veți descoperi între aceste sticle nici o deosebire în ceea ce privește dimensiunile lor. Și totuși există o deosebire, și încă una mare. Sticlele par egale numai pentru că nu se află la o distanță egală de ochi sau de aparatul fotografic: sticla cea mare este îndepărtată mai mult decît cele mai mici. Dar care anume dintre cele trei sticle reprezentate este mai apropiată și care mai îndepărtată? Acest lucru nu-l putem constata prin simpla examinare a imaginilor.

Totuși, această problemă se rezolvă ușor dacă recurgem la serviciile stereoscopului sau la ajutorul acelei vederi stereoscopice fără aparat despre care am vorbit mai sus. Atunci veți vedea clar că ultima sticlă din stînga este mult mai îndepărtată față de cea din mijloc, care, la rîndul ei, este mai îndepărtată decît cea din dreapta. Raportul real dintre dimensiunile sticlelor este arătat în desenul din dreapta.

Un caz și mai interesant avem în figura 130 jos. Vedeți aici o reproducere a unor fotografii de vaze, lumînări și ceasuri, ambele vase și ambele lumînări apărînd ca absolut egale în mărime. În realitate însă, ele diferă foarte mult ca dimensiuni; vaza din stînga este de aproape două ori mai înaltă decît cea din dreapta, iar lumînarea din stînga este mult mai joasă decît ceasul și decît lumînarea din dreapta. La

Figura 130 — Ceea ce se vede cu ochiul liber. Ceea ce se vede cu stereoscopul.

examinarea stereoscopică a aceloraşi desene se va descoperi imediat cauza metamorfozei: obiectele nu sînt aşezate în acelaşi rînd, ci sînt plasate la distanţe diferite: cele mari mai departe, cele mici mai aproape.

Aici apar şi mai evidente avantajele privirii stereoscopice „cu doi ochi" faţă de cea cu „un ochi".

UN MIJLOC SIMPLU DE A DESCOPERI FALSURILE

Există două desene cu totul identice, de exemplu două pătrate negre egale. Privindu-le în stereoscop, vedem un singur pătrat, care nu se deosebeşte cu nimic de fiecare dintre cele două în parte. Dacă în centrul fiecăruia dintre cele două pătrate există un punct alb, atunci şi el se va găsi la locul lui în pătratul văzut în stereoscop. Dar îndată ce punctul acesta va fi puţin deplasat din centru într-unul dintre cele două pătrate, se obţine un efect destul de neaşteptat: ca şi înainte, în stereoscop se va vedea un singur punct, dar el nu va apărea în cîmpul pătratului, ci în faţa sau în spatele acestuia! Este suficient să existe cea mai mică deosebire între cele două desene, ca ele, privite cu stereoscopul, să ne producă impresia de adîncime.

Aceasta oferă un mijloc simplu de a descoperi bancnotele şi documentele falsificate. Este suficient să aşezăm în stereoscop bancnota dubioasă alături de cea bună, pentru a descoperi de îndată falsul oricît de abil ar fi el: cea mai mică deosebire între litere sau haşuri va apărea în faţa sau în spatele fondului [1].

---

1 Această idee, exprimată pentru prima dată la mijlocul secolului al XIX-lea de Dove, nu se poate aplica tuturor bancnotelor din zilele noastre. Condiţiile tehnice în care ele sînt tipărite sînt de aşa natură, încît imaginile obţinute nu dau în stereoscop o imagine plană, chiar dacă nici una din bancnote nu este falsă. În schimb, metoda lui Dove este pe deplin utilizabilă pentru a deosebi două imprimări făcute cu litere de carte din aceeaşi casetă de una făcută cu un alt set de litere.

Cînd obiectul se găsește foarte departe de noi, la o distanță de peste 450 m, atunci distanța dintre ochii noștri nu mai poate influența asupra deosebirii dintre impresiile vizuale. De aceea clădirile și munții îndepărtați, precum și întregul

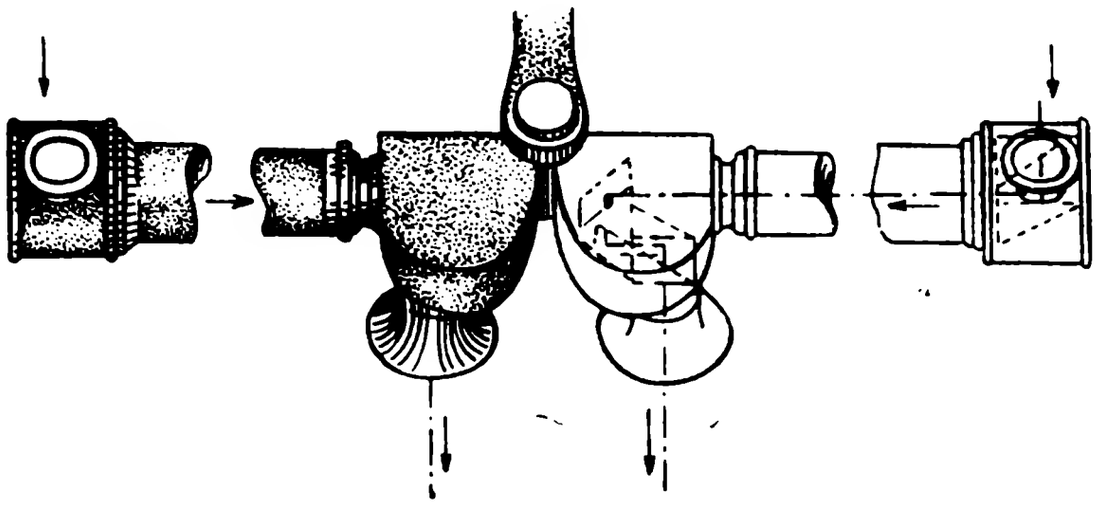


Figura 131 — Luneta stereoscopică.

peisaj ni se par plane. De aceea și aștrii cerești ne apar la aceeași distanță, deși Luna este mult mai apropiată decît planetele, iar acestea, la rîndul lor, sînt mult mai apropiate decît stelele fixe.

În general, pentru toate obiectele situate la o distanță de peste 450 m, noi ne pierdem total capacitatea de a le percepe în relief; atît ochiului drept, cît și celui stîng ele le apar ca absolut identice, pentru că cei 6 cm care distanțează pupilele ochilor noștri sînt prea puțin în comparație cu 450 m. Se înțelege că și fotografiile stereoscopice obținute în aceste condiții sînt absolut identice și nu pot da în stereoscop iluzia reliefului.

Dar acest neajuns poate fi înlăturat cu ușurință: obiectele îndepărtate trebuie fotografiate din două puncte care să se afle între ele la o distanță mai mare decît distanța normală dintre ochi. Privind asemenea fotografii în stereoscop, peisajul ne apare așa cum l-am vedea dacă distanța dintre ochii noștri ar depăși-o mult pe cea obișnuită. În aceasta stă secretul obținerii imaginilor stereoscopice ale peisajelor. De obicei ele sînt privite prin prisme cu laturi convexe, care măresc imaginea, astfel încît asemenea imagini stereoscopice ne apar în mărime naturală; se obține un efect surprinzător.

Probabil că cititorul a înțeles că este posibilă realizarea a două lunete care să permită vizionarea în relief a peisajului respectiv în natură și nu în fotografie. Aceste aparate — l u n e t e - f o a r f e c e — există cu adevărat: cele două lunete sînt plasate la o distanță mai mare una de alta decît distanța normală dintre ochi, iar ambele imagini cad pe retină prin intermediul unor prisme de reflecție (fig. 131). Este greu de descris senzația pe care o ai atunci cînd folosești asemenea instrumente, într-atît de neobișnuite sînt ele! Întreaga natură se transformă. Munții îndepărtați capătă relief, totul din jur — copacii, stîncile, clădirile, corăbiile de pe luciul mării — se bombează, se reliefează, se situează într-un spațiu infinit, încetează de a mai fi plasate pe un ecran plan. Vedeți cu ajutorul acestor aparate cum se mișcă nava îndepărtată, care de obicei vă pare imobilă. Așa le-ar fi apărut lumea noastră terestră uriașilor din poveste.

Dacă lunetele măresc de 10 ori, iar distanța dintre obiective este de șase ori mai mare decît distanța normală dintre pupile (adică este egală cu $6{,}5 \times 6 = 39$ cm), atunci imaginea percepută este de $6 \times 10 = 60$ ori mai expresivă decît atunci cînd este privită cu ochiul liber. Aceasta își găsește expresia în faptul că chiar și obiectele îndepărtate cu 25 km mai sînt suficient de reliefate.

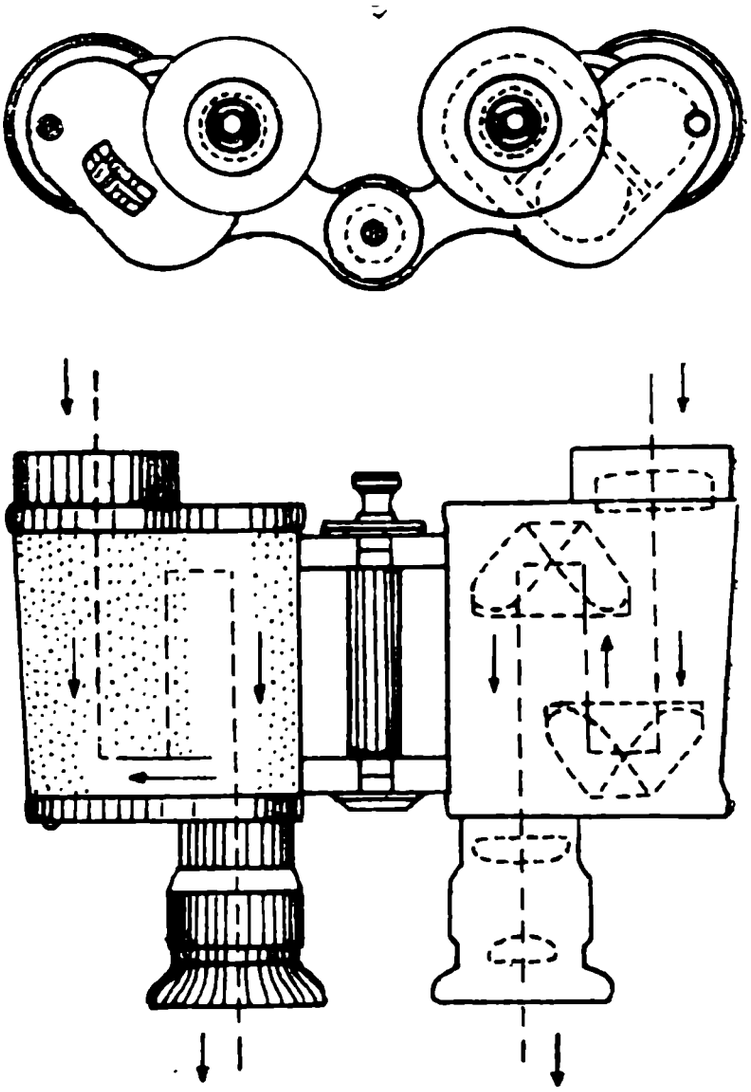


Figura 132 — Binoclul cu prisme.

Pentru geodezi, marinari, artileriști, călători, asemenea lunete sînt pur și simplu de neînlocuit, mai ales dacă sînt prevăzute cu o scară cu ajutorul căreia se pot măsura distanțele (telemetrele stereoscopice).

Binoclul cu prisme Zeiss dă şi el acelaşi efect, deoarece distanţa dintre obiectivele lui este mai mare decît distanţa normală dintre ochii noştri (fig. 132). În binoclurile de teatru, dimpotriva, distanţa dintre obiective este micşorată, pentru a slăbi reliefarea (pentru ca culisele să nu apară împrăştiate).

UNIVERSUL ÎN STEREOSCOP

Dacă îndreptăm luneta-foarfece spre Lună sau spre un oarecare alt corp ceresc, atunci nu vom observa nici un fel de relief. Acest lucru era şi de aşteptat, pentru că distanţele astrale sînt prea mari chiar şi pentru lunetele-foarfece. Ce înseamnă cei 30—50 cm care separă între ele obiectivele aparatului în comparaţie cu distanţa de la Pămînt pînă la aştri? Dacă ar fi posibilă construirea unui aparat în care distanţa dintre cele două lunete să fie de zeci şi chiar sute de kilometri, nici chiar atunci nu s-ar obţine nici un efect în urmărirea aştrilor aflaţi la o distanţă de zeci de milioane de kilometri.

Aici din nou ne vine în ajutor fotografia stereoscopică. Presupunem că am fotografiat ieri o planetă oarecare şi azi am fotografiat-o a doua oară; ambele fotografii au fost realizate din acelaşi punct terestru, dar din puncte diferite ale sistemului solar, pentru că în 24 de ore Pămîntul a parcurs pe orbită milioane de kilometri. Este firesc faptul că fotografiile nu vor fi identice. Şi dacă astfel de fotografii le veţi aşeza în stereoscop, atunci nu veţi mai vedea o imagine plană, ci una în relief.

Prin urmare, folosind mişcarea Pămîntului pe orbita sa, putem obţine fotografii ale corpurilor cereşti din două puncte foarte îndepărtate; aceste fotografii vor fi stereoscopice. Imaginaţi-vă un uriaş cu un cap atît de gigant, încît distanţa dintre ochii lui se măsoară cu milioane de kilometri şi veţi înţelege ce rezultate uimitoare obţin astronomii cu ajutorul stereofotografiei cereşti.

Examinînd fotografiile stereoscopice ale Lunii, vedem cum imaginea se bombează vizibil; s-ar părea că mîna unui sculp-

tor gigant a dat viață unor mase informe, plane, lipsite de viață. Relieful este atît de clar, încît cu ajutorul acestor fotografii s-a putut chiar măsura înălțimea munților din Lună.

În prezent stereoscopul este folosit pentru descoperirea unor noi planete, tocmai a acelor mici planete (asteroizi) care se rotesc în număr mare între orbitele lui Marte și a lui Jupiter. Încă nu de mult găsirea lor se datora unor întîmplări fericite. Acum însă este suficient să se compare stereoscopic două fotografii ale sectorului de cer respectiv (fotografiile fiind obținute în diferite timpuri); stereoscopul va scoate imediat în evidență asteroidul dacă acesta există în proba luată, pentru că el se va detașa de pe fondul general.

Stereoscopul reușește să arate nu numai diferența dintre poziția punctelor, dar și deosebirile de luminozitate. Astfel astronomul are la dispoziție o metodă comodă de a găsi așa-numitele stele alternative, care-și variază periodic strălucirea. Dacă pe două fotografii ale cerului luminozitatea nu apare aceeași, atunci stereoscopul îi va arăta astronomului această stea care și-a schimbat strălucirea.

În sfîrșit, s-a reușit să se obțină și stereofotografia nebuloaselor (Andromeda, Orion); pentru astfel de fotografii, sistemul solar este prea mic și astronomii au folosit mișcarea sistemului nostru printre stele; datorită acestei mișcări în spațiul cosmic, vedem mereu universul astral din puncte de vedere mereu noi și, după scurgerea unui interval de timp suficient, această deosebire poate deveni simțitoare chiar pentru aparatul fotografic. Și atunci căpătăm posibilitatea ca, făcînd două fotografii distanțate între ele printr-un interval de timp îndelungat, să le examinăm în stereoscop.

VEDEREA CU TREI OCHI

Să nu credeți că cel de-al treilea ochi este aici o scăpare din vedere, cum este cea de-a treia ureche în gura lui Ivan Ignatievici din *Fata căpitanului*: „El vă lovește, iar dumneavoastră îi trageți una la o ureche, la a doua, la a treia și vă

despărţiţi". Noi dorim să vorbim într-adevăr despre felul cum se poate vedea cu trei ochi.

A vedea cu t r e i ochi? Oare este posibil acest lucru? Avem intenţia să vorbim aici tocmai de o astfel de vedere. Ştiinţa nu are posibilitatea de a-i da omului un al treilea ochi, dar poate oferi posibilitatea de a vedea obiectul astfel cum ar apărea el unei fiinţe cu trei ochi.

Începem cu aceea că omul care şi-a pierdut un ochi are pe deplin posibilitatea de a privi fotografiile stereoscopice şi de a obţine acea impresie de relief pe care nu o poate căpăta direct. Pentru aceasta trebuie să se proiecteze pe ecran, într-o succesiune rapidă, fotografiile realizate pentru ochiul drept şi cel stîng; ceea ce omul cu doi ochi vede simultan, cel cu un singur ochi vede succesiv, alternîndu-se rapid. Dar rezultatul obţinut este unul şi acelaşi, pentru că impresiile vizuale ce se succed foarte repede se contopesc şi ele într-o singură imagine ca şi cele simultane [1].

Dar dacă este aşa, atunci omul cu d o i ochi poate vedea simultan: cu un ochi două fotografii care se succedă rapid, iar cu celălalt încă o fotografie, luată dintr-un al treilea punct de vedere.

Cu alte cuvinte, se fac trei fotografii ale unuia şi aceluiaşi obiect, corespunzător la trei puncte diferite, ca şi cum ar fi văzute cu trei ochi. Apoi două dintre aceste fotografii sînt făcute să acţioneze într-o succesiune rapidă asupra unui ochi al observatorului; succedîndu-se rapid, imaginile se contopesc într-o imagine complexă î n r e l i e f. La această imagine se adaugă o a treia impresie, de la cel de-al doilea ochi, care priveşte cea de-a treia fotografie.

În aceste condiţii noi, deşi privim numai cu doi ochi, obţinem exact aceeaşi impresie pe care am fi avut-o privind cu trei ochi. În acest caz, senzaţia de relief este maximă.

---

1 Este posibil că reliefarea, uneori uimitoare, a filmelor cinematografice se explică, în parte, afară de cauzele arătate înainte, şi prin acel efect despre care se vorbeşte acum: dacă aparatul care a fost folosit la filmare se leagănă ritmic în timpul filmărilor (cum se întîmplă adesea în urma funcţionării mecanismului care deplasează banda), imaginile nu s-au obţinut identice; prin succesiunea rapidă a cadrelor pe ecran, ele se contopesc în conştiinţă într-o imagine în relief.

Stereofotografia reprodusă în figura 133 reprezintă niște poligoane: unul cu negru pe alb, celălalt cu alb pe negru. Ce am vedea privind aceste desene în stereoscop? Este greu de prevăzut. Să-l ascultăm pe Helmholtz:

„Cînd, într-un desen stereoscopic, un plan oarecare este reprezentat în alb și altul în negru, atunci în imaginea lui contopită el apare strălucitor, chiar cînd pentru desen s-a folosit o hîrtie cu totul mată. Desenele stereoscopice ale modelelor de cristale (astfel realizate) produc impresia că modelul cristalelor este făcut din grafit lucios. Prin această metodă se obțin și mai bine pe fotografiile stercoscopice luciul apei, al frunzelor ș.a.“.

În cartea veche, dar care este încă departe de a se fi învechit, a marelui nostru fiziolog Secenov, *Fiziologia organelor de simț. Vederea* (1867), găsim o excelentă explicație a acestui fenomen. Iat-o:

„În experiențele de contopire stereoscopică artificială a suprafețelor luminate sau colorate într-un mod diferit se repetă condițiile reale ale vederii corpurilor lucioase. Prin ce se deosebește de fapt suprafața mată de cea lucioasă (șlefuită)? Prima reflectă difuz lumina în toate părțile și de aceea îi apare ochiului totdeauna egal luminată din orice parte ar fi privită; suprafața șlefuită însă reflectă lumina numai în anumite direcții; de aceea sînt posibile chiar acele cazuri cînd unul dintre ochii omului care privește o astfel de suprafață primește de la ea multe raze reflectate, iar celălalt aproape nimic (aceste condiții corespund tocmai cazului contopirii stereoscopice a suprafeței albe cu cea neagră); cazurile de distribuire inegală a luminii reflectate între ochii observatorului (adică cazurile cînd într-un ochi vine mai multă lumină decît în celălalt) la examinarea suprafețelor șlefuite lucioase sînt, evident, inevitabile.

Astfel cititorul vede că luciul stereoscopic reprezintă o demonstrație în folosul ideii că experiența joacă un rol primar în actul de contopire materială a imaginilor. Lupta dintre cîmpurile de vedere își cedează imediat locul percepției stabile îndată ce aparatul vizual, educat prin experiență, capătă

posibilitatea de a raporta deosebirile dintre ele la un oarecare caz cunoscut de percepţie vizuală reală".

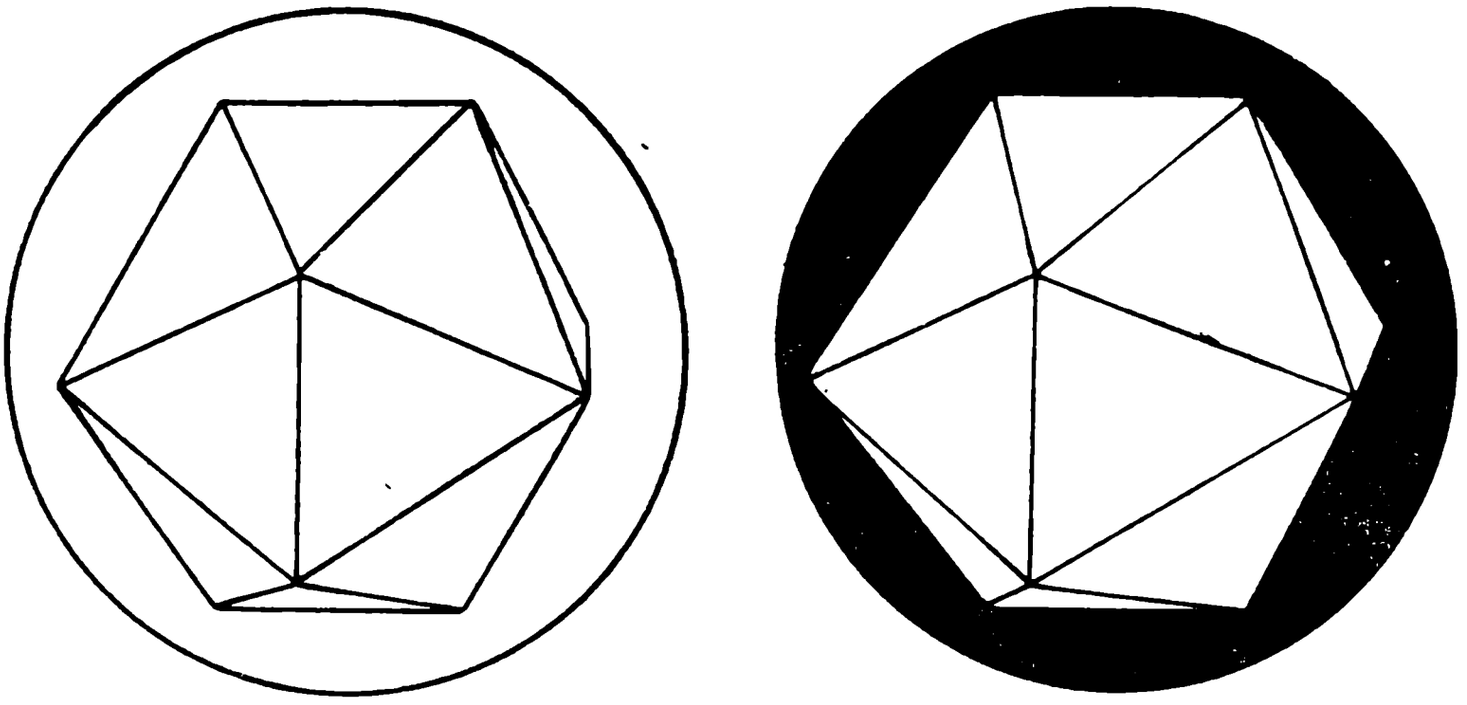


Figura 133 — Luciu stereoscopic. Contopindu-se la examinarea în stereoscop, aceste desene dau imaginea unui cristal lucios pe un fond negru.

Astfel, cauza faptului că vedem l u c i u (cel puţin una dintre cauze) constă în luminozitatea imaginilor primite de ochiul drept şi de cel stîng. Credem că fără stereoscop această cauză nu ne-ar fi putut fi dezvăluită.

VEDEREA ÎN TIMPUL MIŞCĂRII RAPIDE

Am arătat mai sus că diferitele imagini ale unuia şi aceluiaşi obiect, contopindu-se în ochiul nostru atunci cînd se succedă rapid, creează impresia vizuală a reliefului.

Se naşte întrebarea: se întîmplă aceasta numai cînd imagini fixe sînt percepute de un ochi imobil sau acelaşi lucru se va observa şi în cazul echivalent cînd imaginile fixe sînt rapid percepute de un ochi care se deplasează? Se constată, cum era şi de aşteptat, că şi în acest caz se obţine efect stereoscopic. Probabil că mulţi cititori au observat că filmele cinematografice realizate dintr-un tren care se deplasează cu vi-

teză sînt puternic reliefate, în orice caz nu sînt cu nimic mai prejos decît imaginile obținute în stereoscop. Noi putem să ne convingem de aceasta și direct dacă acordăm suficientă atenție imaginilor vizuale pe care le percepem cînd ne deplasăm rapid cu trenul sau cu automobilul: peisajele astfel observate se caracterizează prin stereoscopicitate, prin desprinderea distinctă a planului frontal din planul din spate. Senzația de p r o f u n z i m e crește rapid, se adîncește peste cei 450 m care sînt limita vederii stereoscopice pentru ochiul imobil.

Dar oare nu în aceasta se ascunde cauza impresiei plăcute pe care o produce asupra noastră peisajul privit din fereastra unui vagon care se deplasează rapid? Depărtarea gonește în urmă și noi distingem clar imensitatea tabloului naturii care se desfășoară în jurul nostru. Cînd trecem cu automobilul printr-o pădure, atunci, din aceeași cauză, fiecare copac, creangă, frunză ne apar clar delimitate în spațiu, separate una de alta, fără a se contopi într-un tot întreg, cum se întîmplă pentru un observator imobil. Iar la o deplasare rapidă pe șosea într-o țară muntoasă, întregul relief al terenului este perceput direct de ochi, munții și văile sînt percepute cu o plasticitate senzorială. Toate acestea sînt accesibile și pentru oamenii cu un singur ochi, pentru care senzațiile descrise sînt cu totul noi, necunoscute încă. Am mai menționat faptul că pentru a vedea în relief nu este de loc necesară, după cum se crede de obicei, perceperea simultană a diferitelor tablouri neapărat cu d o i ochi dacă d i f e r i t e l e tablouri se contopesc la o succesiune destul de rapidă [1].

Nimic nu este mai ușor decît să verificăm cele spuse; pentru aceasta este necesar să fim doar puțin atenți la ceea ce percepem stînd în vagonul de tren sau în autobuz. Veți observa poate totodată și un alt fenomen curios, despre care a scris încă Dove cu o sută de ani în urmă (într-adevăr este nou ceea ce este complet uitat!): obiectele apropiate care străfulgeră prin fața ochilor par m i c ș o r a t e. Acest fapt se explică printr-o cauză care are puțină legătură cu vederea

---

1 Astfel se explică stereoscopia pronunțată a filmelor cinematografice dacă ele au fost filmate dintr-un tren care face o curbă cînd obiectele filmate se aflau în direcția razei curburii. „Efectul de cale ferată", pe care-l avem în vedere aici, este bine cunoscut operatorilor de cinematograf.

stereoscopică, și anume prin aceea că, văzînd niște obiecte care se mișcă atît de repede, tragem concluzii greșite despre distanța la care se află ele; în mod inconștient noi ne facem greșit următoarea socoteală: dacă obiectul este mai aproape de noi, atunci în natură el trebuie să fie mai mic decît obișnuit pentru a părea de aceeași mărime ca totdeauna. Această explicație a fost dată de Helmholtz.

PRIN OCHELARI COLORAȚI

Dacă veți privi printr-o sticlă roșie o inscripție făcută cu roșu pe alb, atunci veți vedea doar un fond roșu și atît. Nu veți distinge nici o urmă de inscripție, pentru că literele roșii se confundă cu fondul roșu. Privind prin aceeași sticlă o inscripție făcută cu albastru pe alb, veți vedea clar niște litere negre pe fondul roșu. De ce ele sînt negre, este ușor de înțeles: sticla roșie nu permite trecerea razelor albastre (ea este tocmai de aceea roșie pentru că permite să treacă numai razele roșii); prin urmare, în locul literelor albastre apare lipsa luminii și, ca atare, literele par negre.

Pe această proprietate a sticlelor colorate se bazează acțiunea așa-numitelor a n a g l i f e, adică a unor tablouri imprimate într-un anumit fel și care dau același efect ca și fotografiile stereoscopice. În anaglife ambele imagini, cea corespunzătoare ochiului drept și cea corespunzătoare ochiului stîng, sînt imprimate suprapus, dar cu culori diferite: albastru și roșu.

Pentru a vedea în locul acestor două imagini colorate una singură, dar în negru și relief, este suficient să folosim ochelari coloraţi. Ochiul drept, prin sticla roșie, vede numai imaginea albastră, adică aceea care corespunde ochiului drept (această imagine apare acum neagră). Ochiul stîng, prin sticla albastră, vede numai imaginea roșie ce-i corespunde. Fiecare ochi vede o singură imagine, și anume pe aceea care-i corespunde. Avem aici aceleași condiții ca și în stereoscop și, prin urmare, rezultatul trebuie să fie același: se obține impresia de relief.

Pe principiul examinat mai sus se bazează și efectul acelor „miracole ale umbrelor“, redate uneori în cinematografe.

„Miracolul umbrelor“ constă în aceea că umbrele unor figuri în mișcare, proiectate pe ecran, le apar spectatorilor (înarmați cu ochelari bicolori) sub forma unor imagini în relief plasate în fața ecranului. Aici iluzia se obține prin folosirea efectului stereoscopiei bicolore. Obiectul, a cărui umbră urmează a fi arătată, este plasat între ecran și două surse de lumină, roșie și verde, așezate alături. Pe ecran se obțin două umbre colorate: una în roșu și una în verde care se suprapun parțial. Spectatorii nu privesc aceste umbre direct, ci prin niște ochelari cu sticle plane, colorate în roșu și în verde.

S-a explicat mai sus în ce condiții se obține iluzia unei imagini în relief care apare în fața planului ecranului. Iluziile oferite de „miracolul umbrelor“ sînt foarte nostime: uneori pare că un obiect aruncat zboară direct spre spectator;

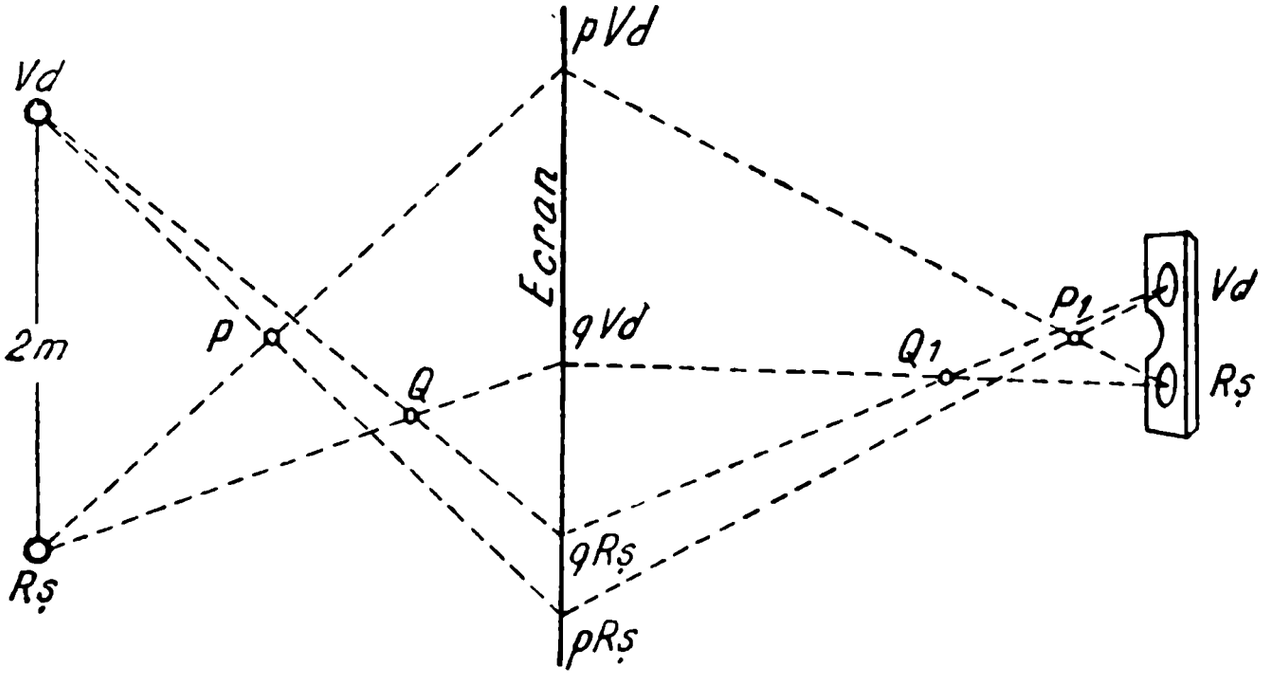


Figura 134 — Secretul „miracolului umbrelor“.

un păianjen uriaș pășește prin văzduh, făcînd ca publicul să tresară și să țipe involuntar. Aparatura folosită este foarte simplă; ea este ușor de înțeles din figura 134, unde *Vd* și *Rș* indică lampa verde și cea roșie (stînga), *P* și *Q* sînt obiec-

tele așezate între lampă și ecran, p și q cu indicele Vd și $Rș$ umbrele colorate ale acestor obiecte proiectate pe ecran, P_1 și Q_1 locurile din care aceste obiecte sînt văzute de spectator prin ochelarii lui coloraţi: în verde (Vd) și în roșu ($Rș$). Cînd „păianjenul“ din spatele ecranului este deplasat din Q în P, atunci spectatorului i se pare că el aleargă din Q_1 în P_1.

În general, apropierea obiectului de dincolo de ecran de sursa de lumină, condiţionînd creșterea umbrei pe ecran, creează iluzia că obiectele se deplasează dinspre ecran spre spectator. Tot ce spectatorului i se pare că zboară spre el se deplasează, de fapt, în direcţia opusă; de la ecran înapoi, spre sursa de lumină.

TRANSFORMĂRILE INEDITE ALE CULORILOR

Găsim de cuviinţă să vorbim aici despre un șir de experienţe care le-au plăcut foarte mult vizitatorilor „Pavilionului de ştiinţă distractivă“, organizat pe insulele Kirov din Leningrad. Unul dintre colţurile pavilionului este mobilat ca un salon. Se vede mobila acoperită cu huse de culoare portocalie-închis; masa este acoperită cu o faţă de masă verde; pe ea este o carafă cu un lichid roșu și flori; rafturile sînt pline cu cărţi, pe ale căror cotoare titlurile sînt imprimate în diferite culori. Toate acestea sînt arătate întîi la o lumină albă obișnuită. Apoi, printr-o simplă răsucire a întrerupătorului, lumina albă este înlocuită cu una roșie; întregul aspect al salonului se schimbă instantaneu; husele devin de culoare roz, faţa de masă mov-închis, lichidul din carafă își pierde culoarea, devenind ca apa, florile își schimbă și ele coloritul, părînd a fi cu totul altele, o parte din titlurile de pe cotoarele cărţilor dispare fără urmă...

Din nou este răsucit întrerupătorul și o lumină verde se revarsă spre salonul care din nou devine de nerecunoscut.

Toate aceste metamorfoze ilustrează bine învăţătura lui Newton despre culoarea corpurilor. Esenţa învăţăturii constă în aceea că suprafaţa corpului nu are niciodată culoarea acelor raze pe care ea le absoarbe, ci a acelora pe care ea le difuzează,

trimiţîndu-le în ochiul observatorului. Fizicianul englez Tendal, cunoscutul compatriot al lui Newton, formulează astfel acest principiu:

„Cînd asupra obiectelor cade lumina albă, atunci culoarea roşie se formează de pe urma absorbţiei razelor verzi, iar cea verde de pe urma absorbţiei celor roşii, în timp ce, în ambele cazuri, celelalte culori apar. Prin urmare, corpurile îşi capătă culoarea în mod negativ: culoarea nu este un rezultat al adăugirii, ci al eliminării".

Prin urmare, faţa de masă de culoare verde este verde la lumina albă tocmai pentru că ea împrăştie în principal razele verzi şi pe cele alăturate din spectru; celelalte raze le disipează în cantităţi mici, absorbind cea mai mare parte din ele. Dacă asupra unei astfel de feţe de masă îndreptăm un amestec de raze roşii şi violete, atunci faţa de masă va împrăştia aproape exclusiv numai pe cele violete, absorbind cea mai mare parte din razele roşii. Ochiul va percepe culoarea mov-închis.

Aproximativ aceeaşi este cauza tuturor celorlalte metamorfoze coloristice din colţul salonului. Apare inexplicabilă doar decolorarea lichidului din carafă: de ce un lichid roşu, în lumină de asemenea roşie, pare incolor? Secretul constă în aceea că carafa cu lichidul este aşezată pe un şerveţel alb aşternut peste faţa de masă verde. Dacă carafa este ridicată de pe masă, se observă imediat că lichidul apare roşu şi nu incolor. El apare incolor numai în vecinătatea şerveţelului, care devine roşu în lumina roşie, dar pe care, din obişnuinţă şi prin contrast cu faţa de masă de culoare mai închisă, continuăm să-l considerăm alb. Iar deoarece culoarea lichidului din carafă este identică cu aceea a şerveţelului pe care-l considerăm alb, ni se pare că lichidul este alb şi el.

Experienţe asemenea celei descrise se pot face şi într-o ambianţă simplificată: este suficient să facem rost de sticle colorate prin care să privim obiectele înconjurătoare.

ÎNĂLŢIMEA UNEI CĂRŢI

Propuneţi-i unui musafir să vă arate cu degetul pe perete pînă la ce nivel va ajunge cartea pe care o ţine el în mînă, dacă o va aşeza în picioare pe podea. Cînd va face acest lucru,

așezați cartea pe podea: se va constata că înălțimea ei este aproape de două ori mai mică decît cea apreciată!

Experiența reușește deosebit de bine dacă cel întrebat nu se apleacă pentru a indica înălțimea respectivă, ci vă arată numai prin cuvinte în ce loc anume trebuie făcut semnul pe perete. Se înțelege că această experiență poate fi făcută nu numai cu cartea, ci și cu o lampă, o pălărie sau cu alte obiecte pe care ne-am obișnuit să le vedem cam la nivelul ochilor noștri.

Cauza greșelii constă în aceea că toate obiectele par mai mici dacă sînt privite în lungul lor.

DIMENSIUNILE CEASURILOR DIN TURNURI

Greșeala pe care a făcut-o musafirul dumneavoastră apreciind înălțimea cărții o facem noi mereu atunci cînd determinăm mărimea obiectelor așezate la o înălțime mare. Este deosebit de frecventă greșeala pe care o facem la determinarea dimensiunilor ceasurilor din turnuri. Știm, desigur, că astfel de ceasuri sînt foarte mari, și, cu toate acestea, aprecierile noastre asupra mărimii lor sînt foarte departe de realitate. În figura 135 este reprezentat cadranul renumitului ceas de pe turnul catedralei Westminster din Londra, ca și cum ar fi transportat pe caldarîmul străzii.

Figura 135 — Dimensiunile ceasului din turnul catedralei Westminster.

Oamenii par niște furnici în comparație cu el. Privind însă turnul ce se înalță în depărtare, nu vă vine să credeți că deschiderile sale sînt de dimensiunile acestui ceas.

Priviţi de la distanţă figura 136 şi spuneţi cîte cerculeţe negre ar putea încăpea în intervalul liber dintre cerculeţul de jos şi oricare dintre cele două cerculeţe de sus: patru sau cinci? Veţi răspunde, probabil, că patru cerculeţe vor încăpea liber, iar pentru cel de-al cincilea, pe cît se pare, nu s-ar mai găsi loc.

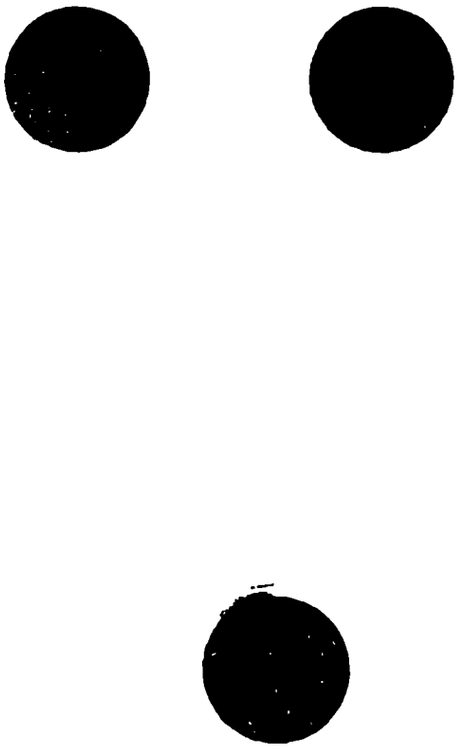


Figura 136 — Intervalul liber dintre cerculeţul de jos şi fiecare dintre cele de sus pare mai mare decît distanţa dintre marginile exterioare ale cerculeţelor de sus. În realitate, însă, distanţele sînt egale.

Cînd vi se va spune că în acest interval încap exact trei cerculeţe şi nu mai mult, sînt sigur că nu veţi crede. Luaţi o bucăţică de hîrtie sau un compas şi vă veţi convinge că nu aveţi dreptate.

Această iluzie stranie, datorită căreia părţile negre par ochiului nostru mai mici decît cele albe de aceleaşi dimensiuni, poartă denumirea de „iradiaţie". Ea depinde de imperfecţiunea ochiului nostru, care, ca aparat optic, nu corespunde pe deplin cerinţelor riguroase ale opticii. Mediile lui de refracţie nu dau pe retină contururile clare care se obţin pe sticla mată a unui aparat fotografic bine reglat; ca urmare aşa-numitei aberaţii sferice, fiecare contur luminos este încercuit de o bandă luminoasă care-i măreşte dimensiunile pe retina ochiului nostru. De aceea părţile de culoare deschisă ne par totdeauna mai mari decît cele negre, egale ca mărime.

În *Ştiinţa despre culori*, marele poet Goethe, care a fost un observator fin al naturii (deşi nu totdeauna un fizician-teoretician destul de prudent), scrie astfel despre acest fenomen:

„Un obiect întunecat pare mai mic decît altul deschis la culoare, dar cu aceleaşi dimensiuni. Dacă privim simultan un cerc alb pe un fond negru şi un cerc negru cu acelaşi dia-

metru pe un fond alb, atunci acesta din urmă ne pare cam cu 1/5 mai mic decît primul. Dacă cercul negru este mărit în mod corespunzător, atunci ambele cercuri ni se vor părea egale. Secera îngustă a Lunii noi dă impresia că face parte

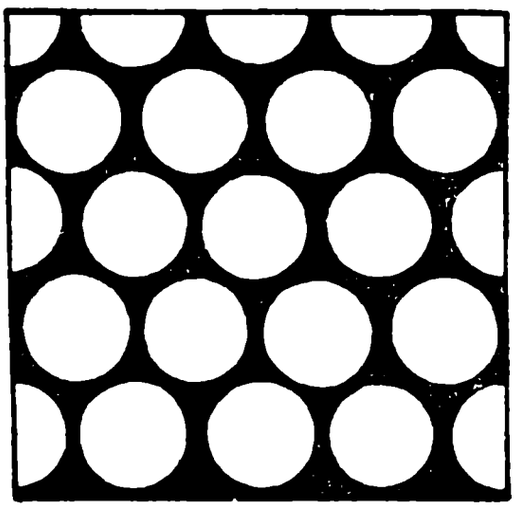


Figura 137 — La o distanță oarecare cerculețele par hexagoane.

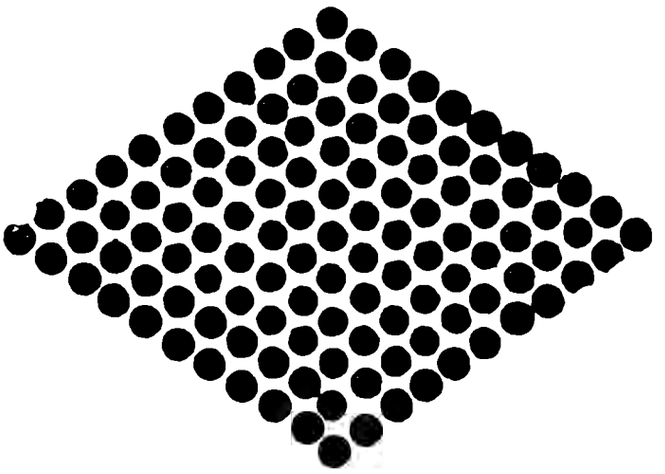


Figura 138 — Cerculețele negre par de departe hexagoane.

dintr-un cerc cu diametrul mai mare decît restul întunecat al Lunii, care uneori se poate distinge pe cer („lumina cenușie“ a Lunii. — *n. aut.*). În haine de culoare închisă, oamenii par mai zvelți decît în cele de culoare deschisă. Sursele de lumină văzute de după o margine parcă o crestează. O riglă în spatele căreia apare flacăra unei lumînări pare ciobită în acel loc. Soarele, cînd răsare și cînd apune, parcă își sapă lăcașul în orizont“.

Totul este just în aceste afirmații, în afară de observația că cerculețul alb pare mai mare, totdeauna în același raport decît unul negru egal. Mărirea depinde și de distanța de la care este privit cerculețul. Veți înțelege imediat de ce este așa.

Depărtați de ochi figura 136: iluzia va deveni și mai puternică, și mai uimitoare. Aceasta se explică prin faptul că lățimea benzii luminoase ce se adaugă rămîne mereu aceeași; de aceea, dacă la distanță mică ea mărea lățimea părții de culoare deschisă doar cu 10%, acum, la distanță mare. cînd însăși imaginea se micșorează, aceeași creștere va constitui 30% sau chiar 50% din lățime. Prin aceeași particularitate a ochiului nostru este explicată de obicei proprietatea stranie a figurii 137. Privind-o de aproape, vedeți multe cerculețe albe pe un cîmp negru. Dar îndată ce depărtați cartea de

ochi și priviți desenul de la o distanță de 2—3 pași, iar dacă aveți o vedere foarte bună chiar de la 6—8 pași, figura se va transforma în mod vizibil: în locul cerculețelor veți vedea niște hexagoane albe, asemănătoare unor faguri de albină.

Pe mine nu mă satisface pe deplin explicarea acestei iluzii prin iradiație, și aceasta de cînd am observat că și cerculețele negre pe fond alb par de la distanță tot hexagoane (fig. 138), deși aici iradiația nu mărește, ci micșorează cerculețele. Trebuie spus că, în general, explicațiile existente ale iluziilor optice nu pot fi considerate ca definitive, iar majoritatea unor astfel de iluzii nici nu-și au încă explicația.

CARE DINTRE LITERE ESTE MAI NEAGRĂ?

Figura 139 ne dă posibilitatea să mai cunoaștem o imperfecțiune a ochiului nostru: *astigmatismul.* Dacă priviți cu un singur ochi, atunci probabil că nu toate cele patru litere vă vor apărea la fel de negre. Să rețineți care dintre ele vi se pare cea mai neagră și apoi întoarceți desenul și priviți-l lateral. Va avea loc o schimbare neașteptată: litera cea mai neagră va deveni cenușie și acum o altă literă va apărea ca cea mai neagră.

De fapt însă toate cele patru litere sînt la fel de negre, ele fiind hașurate doar în direcții diferite. Dacă ochiul ar fi de o construcție tot atît de impecabilă ca și cele mai bune obiective de sticlă, atunci direcția diferită a hașurilor nu ar influența culoarea literelor. Dar ochiul nostru nu refractă în mod egal razele în diferite direcții și de aceea nu putem vedea la fel de clar, în același timp, liniile verticale, orizontale și oblice.

Figura 139 — Priviți această inscripție cu un singur ochi. Una din litere va apare mai neagră decît celelalte.

Sînt foarte puțini cei ai căror ochi nu au acest defect, iar la unii oameni astigmatismul atinge un grad atît de avansat,

încît împiedică vederea normală, clară. Pentru a vedea bine, astfel de persoane sînt nevoite să poarte ochelari cu lentile speciale.

Ochiul are și alte defecte organice, pe care meșterii sticlari știu să le evite la fabricarea aparatelor optice. În legătură cu aceste defecte, Helmholtz a spus următoarele: „Dacă un optician oarecare ar fi îndrăznit să-mi vîndă un instrument cu astfel de defecte, atunci m-aș fi crezut îndreptățit să-mi exprim în cuvintele cele mai aspre indignarea cu privire la neglijența de care a dat dovadă în munca sa și să-i înapoiez aparatul".

Dar și în afară de aceste iluzii, care se datoresc imperfecțiunii structurii lui, ochiul nostru ne înșală adesea, datorită unor cauze cu totul diferite.

PORTRETELE VII

Probabil că ați văzut cu toții portrete care nu numai că ne privesc direct, dar chiar ne urmăresc cu ochii după direcția în care ne aflăm. Această particularitate interesantă a unor astfel de portrete a fost observată de mult timp și multora li se părea că ascunde un mister; pe oamenii cu nervii mai slabi, ea pur și simplu îi înspăimînta. În *Portretul* lui Gogol este excelent descris un astfel de caz:

Figura 140 — Portretul cu mistere.

„Ochii înspăimîntători parcă se uitau prin pînză... Portretul se uita drept la el, pătrunzîndu-l pînă în adîncul sufletului..."

Multe legende și superstiții sînt legate de această particularitate misterioasă a ochilor de pe portrete (amintiți-vă același *Portret*), dar

întregul mister constă pur și simplu într-o iluzie optică.

Totul se explică prin faptul că la astfel de portrete pupila este plasată în m i j l o c u l ochiului. Tocmai așa ne apar ochii unui om care ne privește direct; cînd însă el privește în lături, atunci pupila și întregul iris nu ne mai apar la mijlocul ochiului, ci deplasate întrucîtva spre margine. Cînd ne depărtăm de portret, pupilele, bineînțeles, nu-și schimbă locul, rămînînd în mijlocul ochiului din portret. Deoarece continuăm să vedem și fața întreagă în aceeași poziție față de noi, este firesc să ni se pară că portretul a întors capul după noi și ne urmărește. Tot astfel se explică și alte particularități curioase ale unor tablouri: calul se îndreaptă spre noi, oricare ar fi punctul din care privim tabloul; omul din tablou ne arată cu degetul: mîna lui întinsă este direct îndreptată spre noi etc. Un model de astfel de portret vedeți în figura 140. Afișe de acest gen sînt folosite adesea la unele reclame.

Dacă ne gîndim bine la cauza unor asemenea iluzii, atunci ne dăm seama nu numai că ele n-ar trebui să ne mire, ci, dimpotrivă, ar fi de mirare dacă tablourile nu ar avea această particularitate.

LINIILE ÎNFIPTE ȘI ALTE ILUZII OPTICE

Grupul de ace cu gămălie schițat în figura 141 nu prezintă la prima vedere nici o curiozitate. Dar ridicați cartea pînă la nivelul ochilor și, închizînd un ochi, priviți aceste linii astfel încît privirea să vă lunece de-a lungul lor (ochiul trebuie plasat în punctul unde se intersectează prelungirile acestor drepte). Privind astfel, vi se va părea că acele cu gămălie nu sînt desenate pe hîrtie, ci sînt înfipte vertical în ea. Deplasînd capul puțin în lături, veți vedea că acele se apleacă în aceeași parte.

Această iluzie se explică prin legile perspectivei: liniile sînt astfel desenate cum ar trebui să se proiecteze pe hîrtie acele înfipte vertical cînd sînt privite în felul descris mai sus.

Capacitatea de a fi supuși unor iluzii optice nu trebuie privită numai ca o imperfecțiune a ochiului. Ea oferă și un avantaj mare, care adesea este uitat. Este vorba de faptul că, dacă ochiul nostru n-ar fi fost capabil să aibă iluzii, atunci nu ar fi existat pictura și am fi fost lipsiți de desfătările pe care ni le oferă artele plastice. Pictorii folosesc din plin aceste imperfecțiuni ale ochiului.

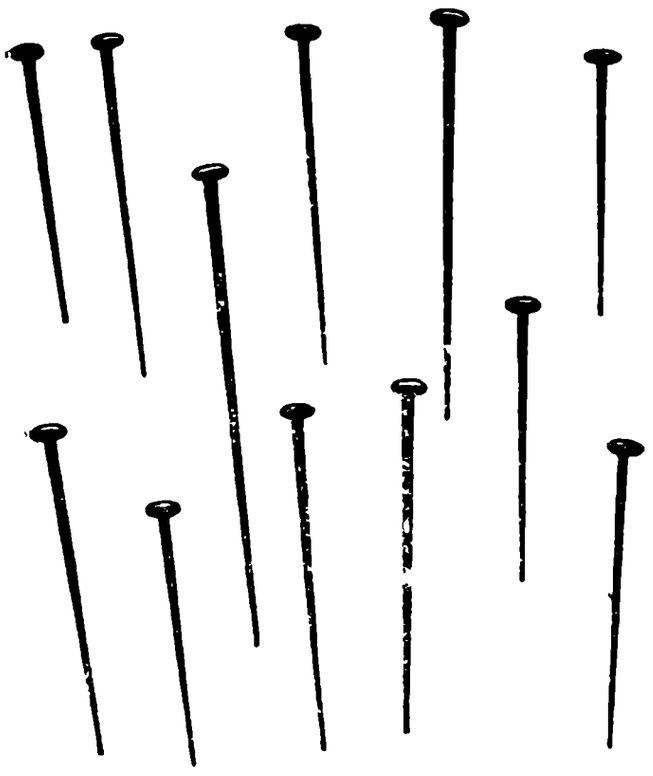


Figura 141 — Închizînd un ochi, plasați-l pe celălalt aproximativ în punctul unde se intersectează prelungirile acestor linii. Veți vedea parcă niște ace cu gămălie înfipte în hîrtie. Deplasînd ușor hîrtia într-o parte și în alta, vi se va părea că acele se clatină.

În renumitele sale *Scrisori despre diferite materii fizice*, genialul savant din secolul al XVIII-lea Euler scria: „Pe aceste iluzii se bazează întreaga artă a picturii. Dacă ne-am fi obișnuit să judecăm despre lucruri numai după realitate, atunci această artă (adică pictura) nu ar fi putut exista, tot astfel ca și cum am fi fost orbi. Zadarnic pictorul și-ar fi dăruit toată arta sa amestecînd culorile; am fi spus: iată pe scîndura aceasta o pată roșie, iată una albastră, dincoace alta neagră, iar dincolo cîteva linii albicioase: toate se află pe aceeași suprafață, nu sînt deosebiri de distanță și nu s-ar putea reprezenta nici un obiect. Orice ar fi pictat ne-ar fi apărut ca și scrisul pe hîrtie... Oare în perfecțiunea noastră nu am fi fost vrednici de milă, lipsiți fiind de desfătarea ce ne-o aduce zilnic această artă atît de plăcută și de utilă?“

Sînt foarte multe iluzii optice; cu exemple de astfel de iluzii poate fi umplut un album întreg. Multe dintre ele sînt bine cunoscute, altele mai puțin. Iată încă vreo cîteva exemple de iluzii optice interesante, mai puțin cunoscute. Cele mai de efect sînt reprezentate în figurile 142 și 143, cu linii pe un fond de rețea; ochiul pur și simplu refuză să creadă că literele din figura 142 sînt așezate drept. Și mai greu este de crezut că în figura 143 nu avem în fața noastră o spirală.

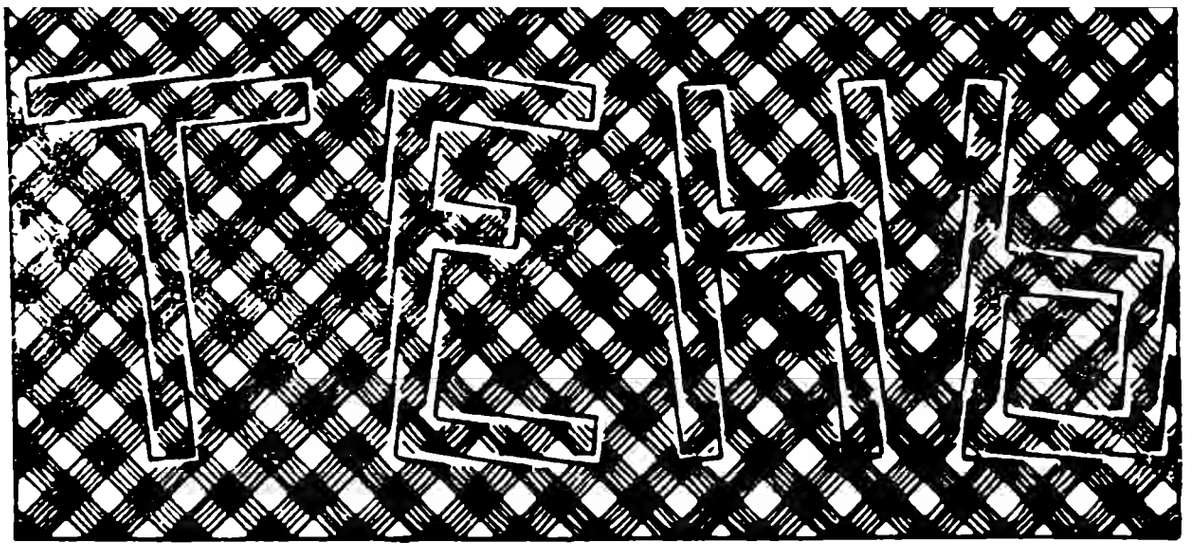


Figura 142 — Literele sînt aşezate drept.

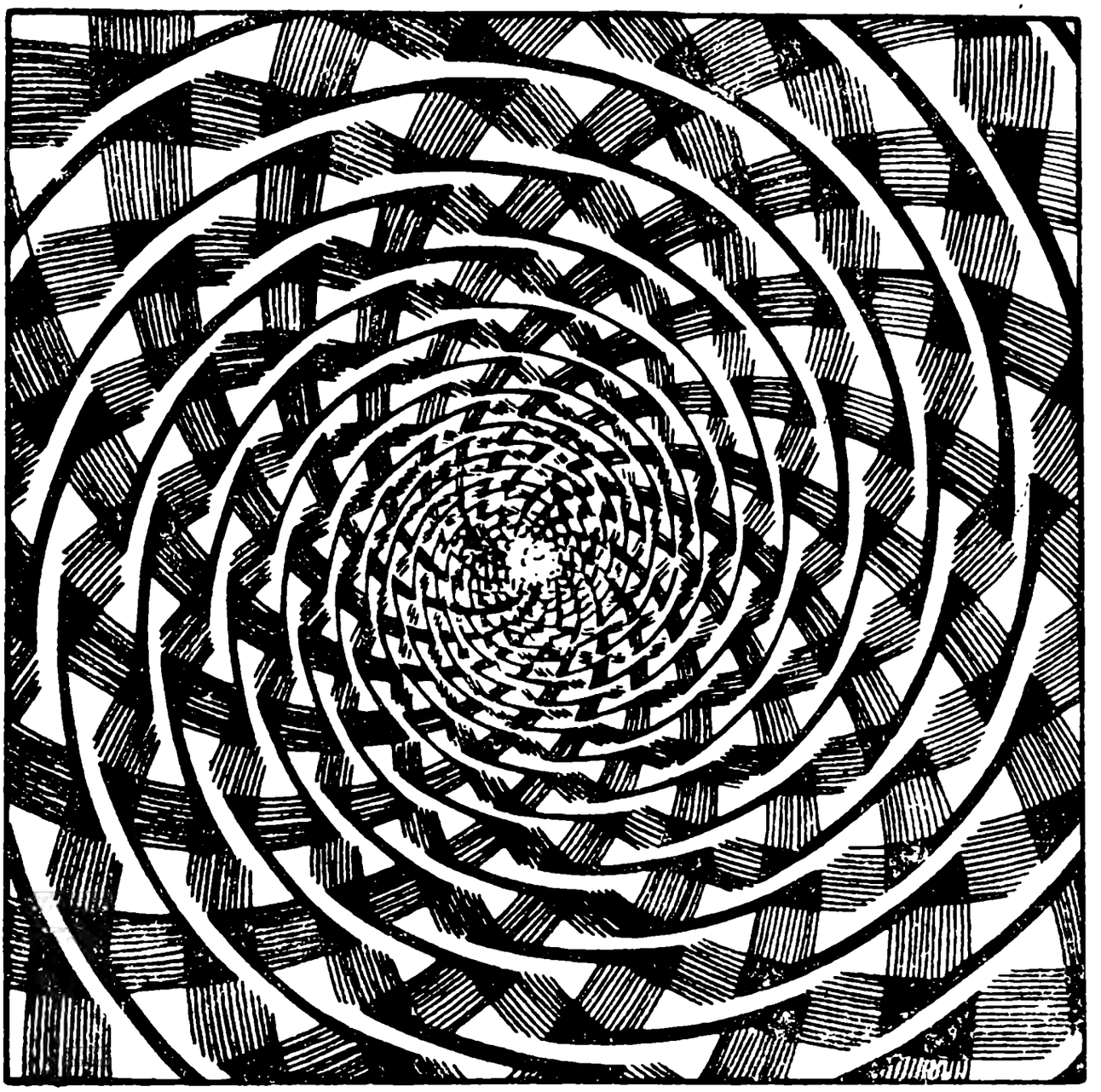


Figura 143 — Liniile curbe din această figură par a fi spirale; ele sînt, de fapt, cercuri, lucru de care ne convingem cu uşurinţă urmărindu-le linia cu vîrful unui băţ de chibrit.

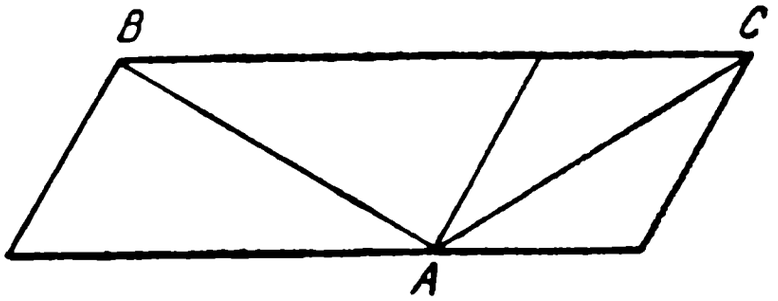


Figura 144 — Distanţele AB şi AC sînt egale, deşi prima pare mai mare.

Figura 145 — Linia oblică care intersectează benzile pare frîntă.

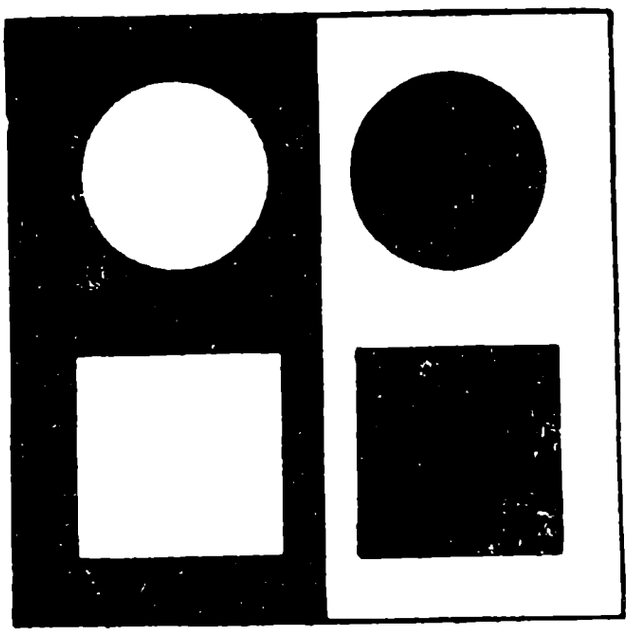


Figura 146 — Pătratele albe şi negre sînt egale; la fel şi cercurile.

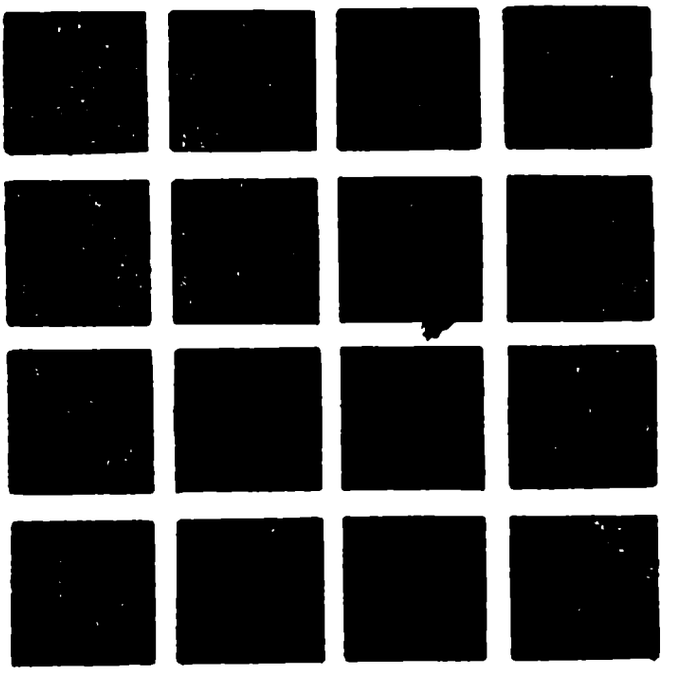


Figura 147 — La intersecţia dintre benzile albe apar şi dispar nişte pete pătrate, cenuşii. De fapt, benzile sînt albe pe întreaga lor lungime, lucru de care ne putem convinge uşor acoperind cu o hîrtie şirurile de pătrate negre alăturate. Este un rezultat al contrastelor.

Trebuie să ne convingem printr-o încercare directă, plasînd vîrful creionului pe una dintre ramurile spiralei aparente și urmărind linia, care nici nu se apropie și nici nu se depărtează de centru. Tot astfel, numai cu ajutorul compasului ne putem convinge că în figura 144 dreapta AC nu este mai scurtă decît AB. Esența tuturor celorlalte iluzii create din figurile 145, 146, 147, 148 este explicată în legendele respective. Cît de puternică este iluzia din figura 147 o arată următoarea întîmplare: editorul uneia dintre ediţiile mai vechi ale cărţii mele, primind de la zincografie copia clișeului, a crezut că acesta este nefinisat și era gata să-l trimită înapoi în laborator, ca să fie curățate petele cenușii din locurile de intersecție a benzilor albe, dacă eu, intrînd întîmplător în cameră, nu i-aș fi explicat despre ce este vorba.

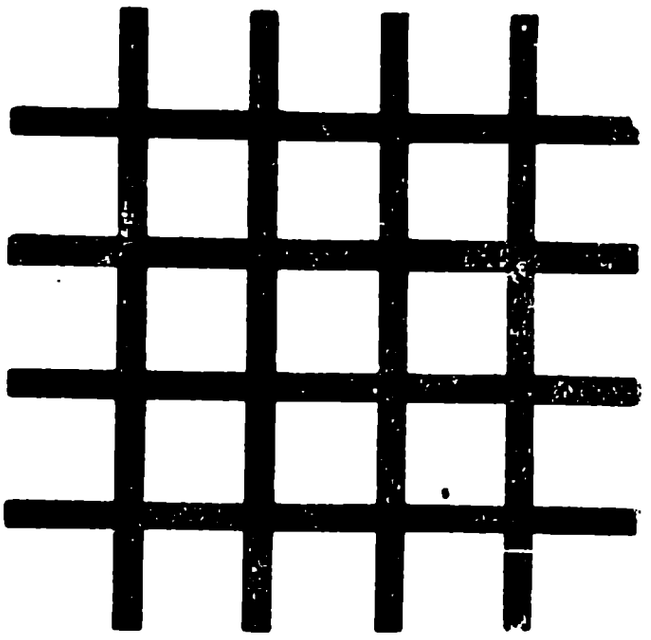


Figura 148 — La intersecția benzilor negre apar pete cenușii.

CUM VĂD MIOPII

Fără ochelari miopul vede slab; dar ce anume vede el și cum îi apar obiectele sînt lucruri despre care oamenii cu vederea normală au o idee foarte vagă. Totuși, sînt destui oameni miopi și nu este lipsit de interes să aflăm cum le apare lumea înconjurătoare.

Înainte de toate, mipoul (bineînțeles fără ochelari) nu vede niciodată contururi clare: pentru el toate obiectele au contururi difuze. Omul cu vederea normală, privind un copac, îi distinge frunzele și crenguțele care se conturează distinct pe fondul cerului. Miopul nu vede decît o masă informă cu contururi neclare, fantastice; detaliile mărunte dispar pentru el.

Oamenilor miopi fețele omenești li se par, în general, mai tinere și mai frumoase decît oamenilor cu vederea normală; ridurile și micile defecte ale feței rămîn neobservate;

roșeața pronunțată a pielii (naturală sau artificială) le apare de un roz diafan. Ne uimește cîteodată naivitatea unor cunoscuți de-ai noștri care greșesc aproape cu 20 de ani cînd vor să determine vîrsta oamenilor și ne miră uneori gustul lor curios în aprecierea frumuseții; alteori le reproșăm că sînt nepoliticoși, fiindcă, privindu-ne drept în față, se prefac că nu ne cunosc. Adesea toate acestea au drept cauză doar miopia.

„La liceu — își amintește Delvig, contemporanul și prietenul lui Pușkin — îmi era interzis să port ochelari, în schimb toate femeile mi se păreau fermecătoare; ce dezilu-zie am avut după absolvire". Cînd miopul (fără ochelari) stă de vorbă cu dumneavoastră, el nu vă vede fața, în orice caz nu vede ceea ce presupuneți: în fața lui se află un chip difuz și nu este de mirare că, întîlnindu-vă a doua oară, chiar și peste numai un ceas, el nu vă mai recunoaște. În majoritatea cazurilor, miopul îi recunoaște pe oameni nu atît după aspectul lor exterior, cît după voce: insuficiența văzului este compensată prin finețea auzului.

Este de asemenea interesant de văzut cum îi apare miopului lumea noaptea. În luminile nopții, toate obiectele viu luminate, ca felinarele, lămpile, ferestrele etc., cresc pentru miop la dimensiuni uriașe, transformînd tabloul într-un haos de pete luminoase diforme și de siluete întunecate și nebuloase. În locul unui șir de felinare pe stradă, miopii văd două trei pete luminoase imense, care acoperă pentru ei tot restul străzii. Ei nu disting automobilul care se apropie; în locul lui ei văd doar două aureole luminoase (farurile), iar în spatele acestora o masă întunecată.

Nici chiar cerul înstelat nu i se prezintă miopului sub aspectul obișnuit pentru ochiul normal. Miopul nu vede decît stelele de primele trei-patru mărimi; prin urmare, în locul a cîtorva mii de stele nu-i sînt accesibile decît cîteva sute. În schimb, aceste stele puține îi apar ca niște bulgări mari de lumină. Luna e văzută imensă și foarte apropiată; semiluna capătă contururi fantastice.

Cauza tuturor acestor deformări și a dimensiunilor sporite ale obiectelor o constituie, desigur, structura ochiului miop. El este prea adînc, astfel încît razele care pătrund în el nu cad pe retină, ci ceva mai în față. Pe retină ajung fascicule de raze divergente, care dau aici imagini difuze, neclare.

Capitolul 10

SUNETUL ŞI AUZUL

CUM TREBUIE CĂUTAT ECOUL?

„Nimeni nu l-a văzut,
Dar l-a auzit oricine.
E fără corp, dar trăieşte;
E fără glas, dar strigă."

Nekrasov

Printre povestirile umoristice ale lui Mark Twain există una nostimă despre păţaniile unui colecţionar care şi-a pus în gînd să-şi alcătuiască o colecţie de... ce credeţi? Ecouri! Acest zurbagiu cumpăra toate terenurile unde se constata existenţa unor ecouri repetate sau ieşite în vreun fel din comun.

„Înainte de toate el a cumpărat un ecou în statul Georgia, care repeta de patru ori, apoi unul care repeta de şase ori în Maryland, apoi unul cu o repetiţie de 13 ori în Maine. A urmat cumpărarea ecoului din Kansas, apoi a celui din Tennesse, achiziţionat ieftin pentru că necesita reparaţii: o parte din stîncă s-a prăbuşit. El a crezut că-l poate repara, dar arhitectul care s-a oferit s-o facă nu a construit niciodată ecouri, de aceea l-a stricat de tot. După reconstituire, locul putea servi doar drept azil pentru surdomuţi ..."

Aceasta este desigur o glumă, dar minunate ecouri repetate există în diferite locuri, mai ales muntoase, ale globului pămîntesc, și unele din ele au căpătat un larg renume încă din timpurile cele mai vechi.

Enumerăm cîteva locuri cu ecouri renumite. În castelul Woodstock din Anglia, ecoul repeta clar 17 silabe. Ruinele castelului Derenburg de lîngă Halberstadt dădeau un ecou de 27 de silabe, care însă a tăcut după ce unul dintre ziduri a fost dărîmat. Stîncile așezate în semicerc pe lîngă Adersbach din Cehoslovacia repetă într-un anumit loc de trei ori cîte 7 silabe, dar la cîțiva pași de acest punct nici chiar focul de armă nu produce ecou. Un ecou repetat de multe ori a fost observat și într-un fost castel din apropierea Milanului: focul de armă tras de la una dintre ferestre este repetat de ecou de 40—50 de ori, iar un cuvînt rostit tare de vreo 30 de ori.

Nu este doar simplu să descoperi locul unde ecoul se aude clar măcar o dată. Există podișuri înconjurate cu păduri, poiene în aceste păduri; este suficient să strigăm destul de tare într-o astfel de poiană ca din partea pădurii să ne sosească un ecou mai mult sau mai puțin clar.

În munți ecoul este mai variat, dar, în schimb, mai rar decît în podișuri. Auzi mai greu un ecou într-o regiune muntoasă decît într-un șes mărginit de păduri.

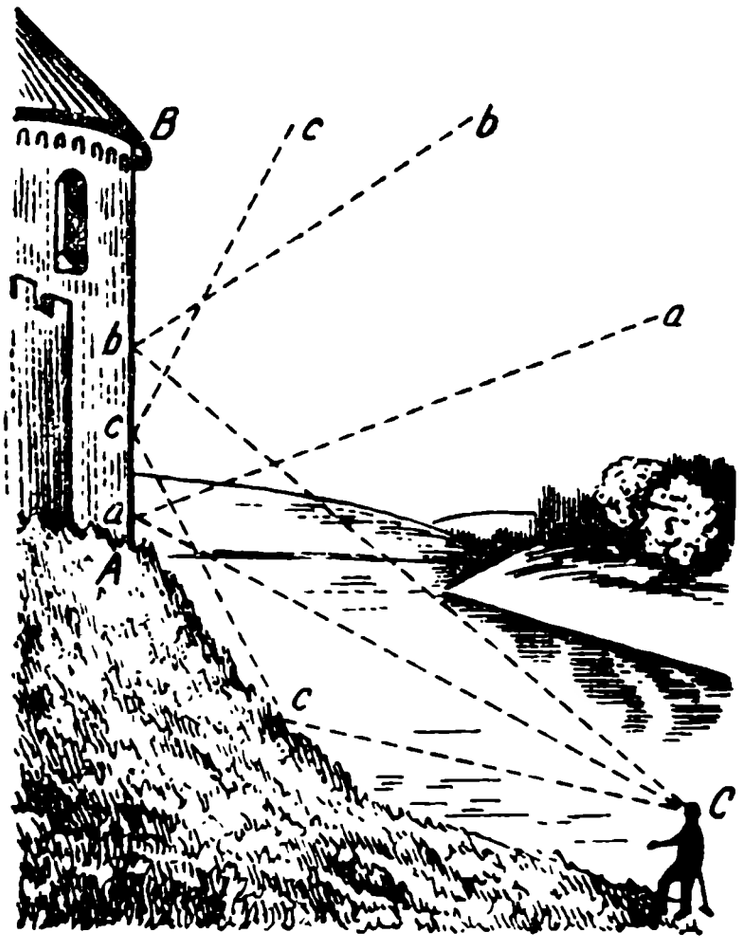


Figura 149 — Ecoul lipsește.

Veți înțelege imediat de ce lucrurile stau astfel. Ecoul nu este altceva decît întoarcerea undelor acustice care s-au reflectat de la un obstacol oarecare; ca și la reflexia luminii, unghiul de incidență a „razei sonore“ este egal cu unghiul său de reflexie (raza sonoră este direcția în care se propagă undele acustice). Acum imaginați-vă că vă aflați la poalele unui munte (fig. 149), iar obstacolul care trebuie să reflecte sunetul

se află mai sus, de exemplu în punctul *AB*. Este ușor de văzut că undele acustice care se propagă pe liniile *Ca*, *Cb*, *Cc*, reflectîndu-se, se vor dispersa în spațiu în direcțiile *aa*, *bb*, *cc*, fără a vă atinge urechea. Altceva se întîmplă dacă vă aflați la nivelul obstacolului sau chiar puțin mai sus decît acesta (fig. 150). Sunetul care se îndreaptă în jos, în direcțiile

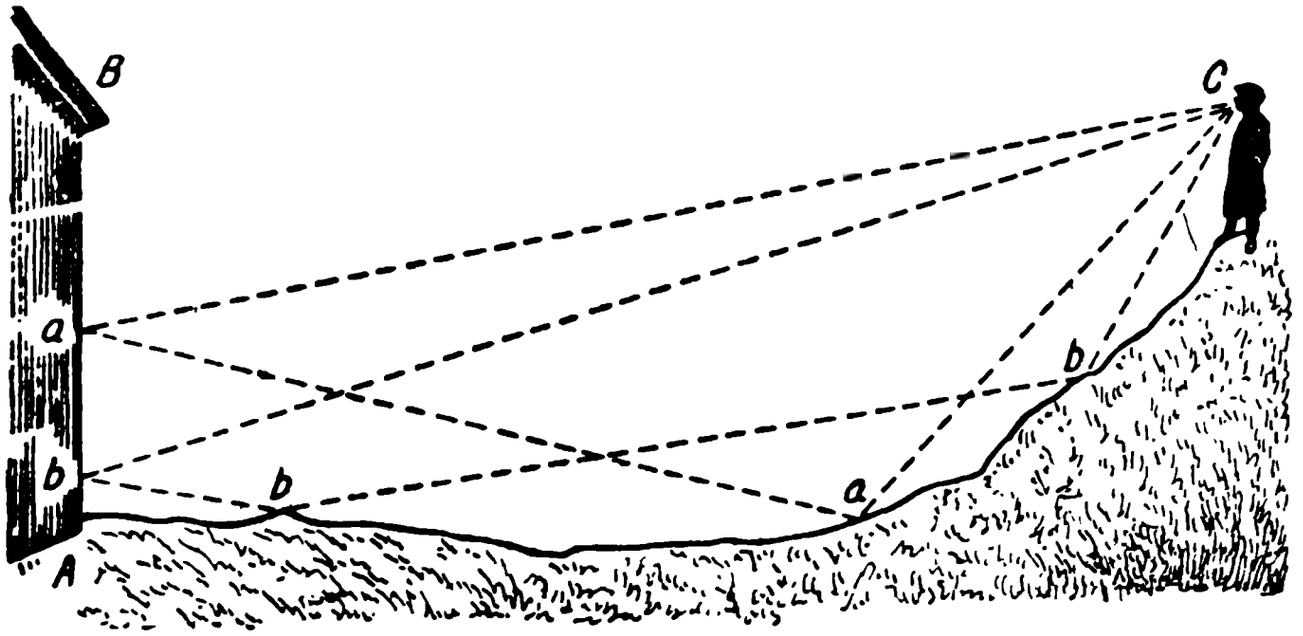


Figura 150 — Un ecou clar.

Ca, *Cb*, se va înapoia la dumneavoastră de-a lungul liniilor frînte *CaaC* sau *CbbC*, reflectîndu-se o dată sau de două ori pe sol. Adîncitura terenului între ambele puncte contribuie și mai mult la claritatea ecoului, acționînd ca o oglindă concavă. Dimpotrivă, dacă terenul dintre punctele *O* și *B* este convex, ecoul va fi slab sau nu se va auzi de loc: o astfel de suprafață împrăștie razele sonore ca o oglindă concavă.

Căutarea ecoului pe teren accidentat necesită o oarecare obișnuință. Chiar găsind un loc potrivit, mai trebuie să ne pricepem să producem ecoul. Înainte de toate nu trebuie să ne așezăm prea aproape de obstacolul respectiv: este necesar ca sunetul să parcurgă un drum suficient de lung pentru ca ecoul să nu se înapoieze prea repede și să nu se contopească cu însuși sunetul. Știind că sunetul parcurge 340 m/s este ușor de înțeles că, așezîndu-ne la o distanță de 85 m de la obstacol, va trebui să auzim ecoul exact după o jumătate de secundă de la emiterea sunetului.

Deși ecoul „răspunde în aer liber la fiecare sunet“, el nu o face la fel de clar pentru orice sunet. Cu cît sunetul este mai

scurt și mai pronunțat, cu atît ecoul este mai clar. Cel mai bine este să recurgem la bătutul din palme. Sunetul vocii omenești este mai puțin potrivit, mai ales al vocii bărbătești; notele mai înalte ale vocilor de femei și de copii dau un ecou mai clar.

SUNETUL ÎN LOCUL PANGLICII DE MĂSURAT

Uneori putem folosi cunoștințele noastre cu privire la propagarea sunetului în aer pentru măsurarea distanței pînă la un obiect inaccesibil. Un astfel de caz este descris în romanul lui Jules Verne *Călătorie spre centrul Pămîntului.* În timpul peregrinărilor lor subterane cei doi călători — profesorul și nepotul acestuia — s-au rătăcit unul de altul. Cînd, în sfîrșit, au reușit să se audă încă de departe, între ei a avut loc următoarea conversație, redată de nepot:

„— Unchiule!

— Ce-i, copilul meu? am auzit după un oarecare timp.

— Înainte de toate, sîntem departe unul de altul?

— Este ușor de aflat.

— Cronometrul nu ți s-a stricat?

— Nu

— Ia-l în mînă. Pronunță numele și notează exact secunda cînd începi să vorbești. Eu voi repeta numele îndată ce sunetul va ajunge pînă la mine, iar tu vei nota clipa cînd îmi vei auzi răspunsul.

— Bine. Atunci jumătatea din timpul ce se va scurge între semnal și răspuns va indica cîte secunde îi trebuie sunetului ca să ajungă pînă la tine. Ești gata?

— Da.

— Atenție! Îți pronunț numele.

Am apropiat urechea de zid. Îndată ce cuvîntul „Axel" (numele meu) mi-a ajuns la ureche, l-am repetat și am așteptat.

— Patruzeci de secunde, mi-a spus unchiul, prin urmare sunetul a făcut pînă la mine 20 de secunde. Deoarece sunetul

parcurge într-o secundă o treime de kilometru, aceasta corespunde unei distanţe de aproape 7 km."

Dacă aţi înţeles bine cele povestite în fragmentul de mai sus, atunci veţi rezolva cu uşurinţă următoarea problemă:

Am auzit şuieratul unei locomotive îndepărtate o secundă şi jumătate după ce am observat norişorul alburiu care s-a produs o dată cu acest sunet; la ce distanţă mă găseam de locomotivă?

OGLINZILE ACUSTICE

Zidul format de pădure, gardul înalt, clădirea, muntele sau orice alt obstacol care reflectă ecoul consitituie o oglindă pentru sunet: ea reflectă sunetul la fel cum o oglindă plană reflectă lumina.

Oglinzile acustice nu sînt numai plane, ci şi curbe. Oglinda acustică concavă acţionează ca un reflector: ea strînge „razele sonore" în focarul ei.

Două farfurii adînci dau posibilitatea de a face o experienţă interesantă de acest gen. Puneţi o farfurie pe masă şi ţineţi, la o distanţă de cîţiva centimetri de fundul ei, un ceas de buzunar. Cealaltă farfurie apropiaţi-o de ureche, ca în figura 151. Dacă s-a găsit poziţia bună a ceasului, a urechii şi a farfuriilor (acest lucru reuşeşte după cîteva încercări) veţi auzi cum tictacul ceasului porneşte parcă de la farfuria pe care o ţineţi apropiată de ureche. Iluzia este mai completă dacă închideţi ochii; atunci, pur şi simplu, este imposibil de determinat, după auz, în ce mînă se află ceasul: în cea dreaptă sau în cea stîngă.

Figura 151 — Oglinzi acustice concave.

Adesea constructorii vechilor castele creau astfel de curiozităţi acustice, aşezînd nişte busturi fie în focarul unei oglinzi acustice concave, fie la capătul

unui tub acustic mascat cu abilitate în zid. In figura 152, luată dintr-o carte veche din secolul al XVI-lea (a lui Athanase Kircher, 1560), se pot vedea astfel de dispozitive iscusite: tavanul, în formă de cupolă, dirijează spre buzele

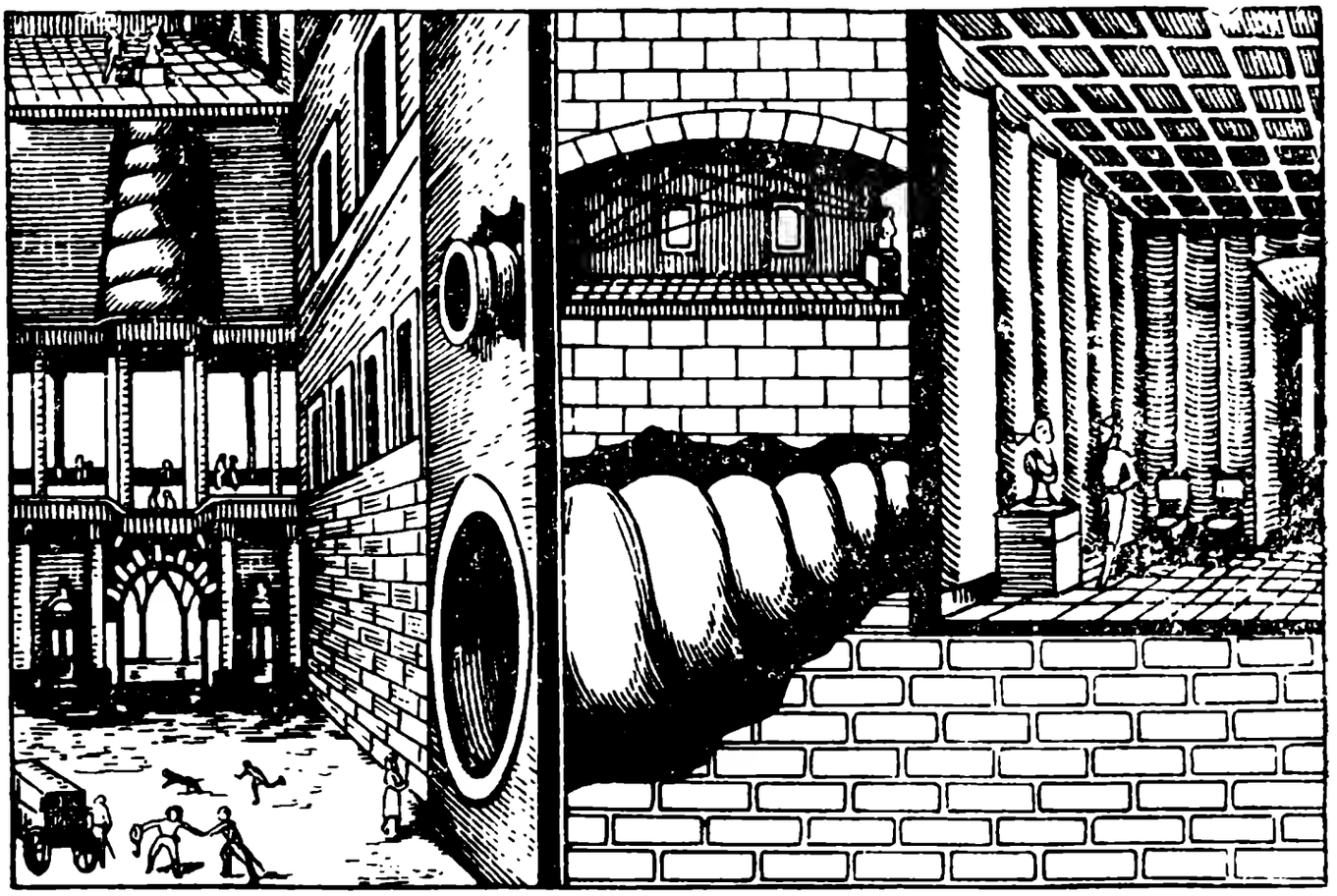


Figura 152 — Curiozităţi acustice din vechile castele. Busturile vorbitoare (din cartea lui Athanase Kircher 1560).

bustului sunetele aduse din afară de un tub acustic; nişte tuburi acustice uriaşe, zidite în zidurile clădirii, aduc din curte diverse sunete pe care le dirijează spre busturile de piatră plasate de-a lungul pereţilor uneia dintre săli etc. Vizitatorului unei astfel de galerii i se părea că busturile de marmură şoptesc, îngînă un cîntec etc.

SUNETELE ÎN SĂLILE DE TEATRU

Cei care frecventează adesea diferite teatre şi săli de concerte ştiu bine că unele săli au o acustică mai bună, iar altele mai proastă; în unele săli vocile artiştilor şi sunetele instru-

mentelor muzicale se aud clar şi la distanţe mari, iar în altele, chiar în apropierea scenei, acestea sînt nedistincte. Cauza acestui fenomen a fost bine expusă de fizicianul american Wood în cartea sa întitulată *Undele acustice şi aplicaţiile lor.*

„Orice sunet produs într-o încăpere se aude destul de multă vreme după ce sursa a încetat să-l emită; datorită unor reflexii repetate, el înconjoară de cîteva ori încăperea. În timpul acesta se produc şi alte sunete, şi auditorul adesea nu le poate percepe în ordinea cuvenită pentru a le putea înţelege. Astfel, de exemplu, dacă sunetul durează 3 secunde şi oratorul vorbeşte cu o viteză de 3 silabe pe secundă, atunci undele acustice corespunzătoare celor 9 silabe se vor deplasa prin încăpere toate în acelaşi timp, creînd o încurcătură şi un zgomot care împiedică pe auditor să-l înţeleagă pe orator.

Oratorul aflat într-o astfel de situaţie trebuie să vorbească rar şi nu prea tare. Dar, de obicei, oratorii caută, dimpotrivă, să vorbească şi mai tare, contribuind astfel la intensificarea zgomotului".

Nu mult timp în urmă, amenajarea unui teatru cu o acustică bună era considerată o întîmplare fericită. În prezent se cunosc mijloacele cu care se poate lupta împotriva duratei supărătoare a sunetului (numită „reverberaţie"), care dăunează unei sonorităţi bune. Nu este cazul ca în această carte să intrăm în amănunte care interesează numai pe arhitecţi. Voi menţiona doar că lupta împotriva unei acustici proaste constă în crearea unor suprafeţe care să absoarbă surplusul de sunete. Cel mai bun absorbant al sunetelor este fereastra deschisă (tot aşa cum cel mai bun absorbant pentru lumină este o deschizătură); metrul pătrat de fereastră deschisă este luat chiar ca unitate de măsură pentru absorbţia sunetului. Sunetele sînt foarte bine absorbite, deşi de două ori mai puţin decît de o fereastră deschisă, de înşişi spectatorii teatrului: din acest punct de vedere fiecare om este echivalent cu aproximativ o jumătate de metru pătrat de fereastră deschisă. Şi dacă este justă remarca unui fizician că „auditorul absoarbe cuvîntul oratorului în sensul cel mai direct al cuvîntului", este tot atît de just că şi o sală goală este de asemenea, în sensul cel mai direct al cuvîntului, neplăcută pentru orator.

Dacă absorbţia sunetului este p r e a mare, rezultă din nou o audibilitate scăzută. În primul rînd, o absorbţie exa-

gerată estompează sunetele, iar în al doilea rînd ea reduce reverberația într-o asemenea măsură, încît sunetele se aud parcă întrerupte și produc impresia unei oarecare rigidități. De aceea, dacă este necesar să evităm o reverberație prea îndelungată, este tot atît de necesar să evităm și o reverberație prea scurtă. Pentru diferitele săli, mărimea optimă a reverberației este diferită și trebuie stabilită la proiectarea fiecărei săli în parte.

În teatru există și un alt obiect interesant din punctul de vedere al fizicii. Este vorba de cușca suflerului. Ați observat oare că ea are în toate teatrele aceeași formă? Aceasta se datorează faptului că cușca suflerului este un fel de aparat de fizică. Cupola cuștii reprezintă un fel de oglindă acustică concavă, care are o destinație dublă: să împiedice ca undele acustice produse de sufler să ajungă la public și să reflecte aceste unde spre scenă.

ECOUL DE PE FUNDUL MĂRII

Multă vreme omul nu a tras nici un fel de foloase de pe urma ecoului pînă cînd a fost inventată o metodă de a măsura cu ajutorul ecoului adîncimea mărilor și a oceanelor. Această idee a venit întîmplător. În 1912 s-a scufundat, cu aproape toți pasagerii, uriașul vapor transoceanic „Titanic", care se ciocnise întîmplător cu un ghețar. Pentru a preîntîmpina asemenea catastrofe s-a încercat să se folosească ecoul, în timp de ceață sau noaptea, pentru reperarea ghețarilor din fața navelor. Procedeul nu s-a dovedit util în practică, în schimb a dat naștere la o altă idee: să se măsoare adîncimea mărilor cu ajutorul reflexiei sunetului pe fundul mării. Această idee s-a dovedit a fi rodnică.

În figura 153 este reprezentată schema unei astfel de instalații. Lîngă unul dintre borduri, în interior, la baza navei se așază un cartuș, care, explodînd, produce un sunet puternic. Undele acustice pătrund prin apă, ating fundul, se reflectă și se înapoiază, aducînd cu ele ecoul. El este recepționat de

un aparat sensibil, instalat, ca și cartușul, la fundul navei. Un ceas de precizie măsoară intervalul de timp dintre producerea sunetului și recepționarea ecoului. Cunoscînd viteza sunetului în apă, este ușor de calculat distanța de la obstacolul de la care s-a reflectat unda, adică de determinat adîncimea mării sau a oceanului.

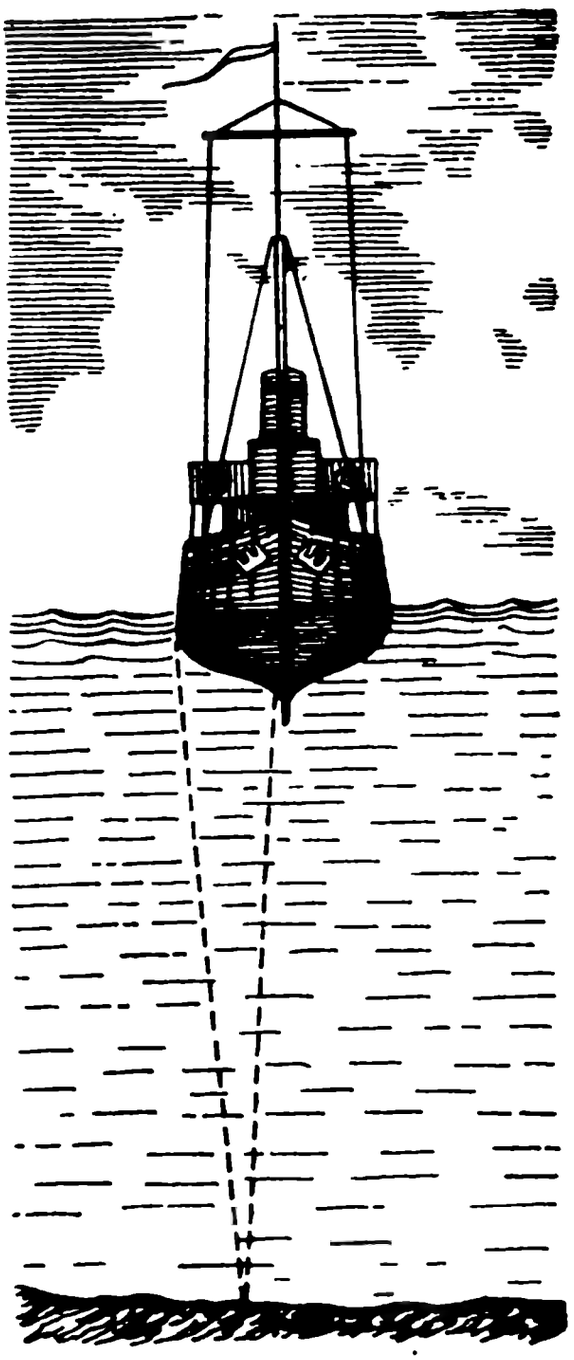


Figura 153 — Schema de funcționare a sondei acustice.

Sonda acustică, cum a fost denumită această instalație, a produs o adevărată revoluție în practica măsurătorii adîncimilor marine. Mijloacele de tip vechi pot fi folosite numai dacă nava stă pe loc și, în plus, ele cer mult timp. Parîma sondei trebuie coborîtă, cu ajutorul unei roți pe care e înfășurată, destul de încet (150 m pe minut); aproape tot atît de încet ea este ridicată. Astfel, prin acest procedeu sînt necesare trei sferturi de oră pentru măsurarea unei adîncimi de 3 km. Cu ajutorul sondei acustice însă, aceeași măsurătoare se poate efectua în cîteva secunde, fără ca nava să-și înceteze mersul, iar rezultatul obținut este mult mai sigur și mai exact. Eroarea la astfel de măsurători nu depășește un sfert de metru (intervalele de timp se determină cu exactitate de a 3 000-a parte dintr-o secundă). Dacă măsurarea adîncimilor mari are o importanță mare pentru oceanografie, atunci posibilitatea de a determina repede, sigur și precis adîncimile mici este esențială în navigație, asigurîndu-i securitatea: datorită sondei acustice, nava se poate apropia repede și în deplină siguranță de țărm.

În sondele acustice moderne nu se folosesc sunetele obișnuite, ci „ultrasunetele“ foarte intense, imperceptibile pen-

tru urechea umană, cu o frecvenţă de ordinul a cîtorva milioane de oscilaţii pe secundă. Astfel de sunete sînt emise de o placă de cuarţ (piezocuarţ) plasată într-un cîmp electric alternativ.

ZUMZETUL INSECTELOR

De ce insectele emit adesea un zumzet? În majoritatea cazurilor ele nu au organe speciale pentru emiterea acestor sunete; zumzetul, auzit doar în timpul zborului, rezultă numai de pe urma faptului că, zburînd, insectele îşi fîlfîie aripioarele de cîteva sute de ori pe secundă. Aripioara este o membrană care oscilează, iar noi ştim că orice membrană sau placă care oscilează suficient de repede (mai mult de 16 ori pe secundă) emite un sunet de o anumită înălţime.

Acum veţi înţelege cum s-a putut stabili de cîte ori anume îşi fîlfîie aripioarele în timpul zborului o insectă sau alta. Pentru aceasta este suficient să se determine după sunet înălţimea tonului emis de insectă, pentru că fiecărui ton îi corespunde o anumită frecvenţă a oscilaţiilor. Cu ajutorul „lupei de timp“ (vezi cap. 1) s-a putut stabili că frecvenţa de mişcare a aripioarelor fiecărei insecte este aproape constantă: reglîndu-şi zborul, insecta variază doar mărimea fîlfîirii („amplitudinea“ oscilaţiilor) şi înclinarea aripilor; numărul de bătăi pe secundă creşte doar sub influenţa frigului. Iată de ce şi tonul emis de insectă în timpul zborului rămîne neschimbat. S-a constatat, de exemplu, că musca obişnuită (care în timpul zborului emite tonul F) îşi fîlfîie aripioarele de 352 de ori pe secundă. Albina, care emite tonul A, are 440 de bătăi de aripă pe secundă cînd zboară liber şi numai 330 (tonul B) cînd zboară încărcată cu miere. Cărăbuşii, care în timpul zborului produc tonuri şi mai joase, îşi fîlfîie aripile mult mai încet. Ţînţarul, dimpotrivă, face cu aripile 500—600 de oscilaţii pe secundă. Pentru comparaţie, menţionăm că elicea avionului execută aproximativ 25 de rotaţii pe secundă.

ILUZII ACUSTICE

Dacă din cine știe ce motive ne-am imaginat că sursa unui zgomot ușor nu se află în apropierea noastră, ci mult mai departe, atunci sunetul ni se va părea mult mai puternic. Asemenea iluzii sonore au loc destul de des, doar că nu totdeauna le băgăm în seamă.

Iată un caz interesant descris în cartea *Psihologia* a savantului american William James:

„O dată, noaptea tîrziu, citeam; deodată, din catul de sus al casei s-a auzit un zgomot puternic, care a încetat, pentru a reîncepe după un minut. Am ieșit pe sală pentru a-l asculta mai bine, dar acolo el a încetat. Îndată ce m-am întors în cameră, m-am așezat și mi-am reluat cititul, zgomotul a reînceput puternic, alarmant, ca înainte de dezlănțuirea unei furtuni sau inundații. El venea de pretutindeni. Alarmat la culme, am ieșit din nou pe sală și zgomotul a încetat iarăși.

Înapoindu-mă iar în camera mea, am descoperit deodată că zgomotul era produs de sforăitul unui cățel care dormea pe podea!...

Remarcabil este faptul că, descoperind adevărata cauză a zgomotului, nu mi-am mai putut reproduce cu nici un efort iluzia de adineauri".

Probabil că și cititorul își va aminti astfel de exemple din viața lui. Eu le-am observat de nenumărate ori.

UNDE CÎNTĂ GREIERUL?

Adesea determinăm greșit nu distanța, ci direcția în care se află obiectul ce emite sunetele.

Urechile noastre disting destul de bine dacă detunătura unei arme a răsunat în dreapta sau în stînga noastră (fig. 154). Dar adesea ele nu pot determina poziția sursei de sunet dacă aceasta se află drept în fața sau în spatele nostru (fig. 155): detunătura armei produsă în fața noastră ni se pare adesea că vine din spate.

În astfel de cazuri ne putem da seama doar, după intensitatea sunetului, dacă detunătura s-a produs aproape sau departe. Iată o experienţă din care putem învăţa multe. Aşezaţi pe cineva în mijlocul camerei cu ochii legaţi şi rugaţi-l să stea liniştit, fără a-şi întoarce capul. Apoi, luînd în mînă două monede, loviţi-le una de alta, rămînînd mereu în cadrul planului vertical care trece prin mijlocul capului musafirului dv., printre ochii lui. Să încerce acum musafirul dv. să ghicească locul unde au fost lovite monedele. Rezultatul obţinut pare de necrezut: sunetul este produs într-un colţ al camerei, iar prietenul va indica un colţ cu totul opus.

Dacă veţi părăsi planul de simetrie al capului, despre care s-a vorbit mai sus, atunci erorile nu vor mai fi atît de mari. Acest lucru este şi firesc: acum sunetul se aude ceva mai devreme şi mai tare în urechea mai apropiată a musafirului dv.; de aceea el poate indica acum direcţia în care s-a produs sunetul.

Această experienţă ne explică, printre altele, de ce este atît de greu să zărim greierul care cîntă în iarbă. Sunetul strident se aude la doi paşi de dv. în dreapta potecii. Vă uitaţi

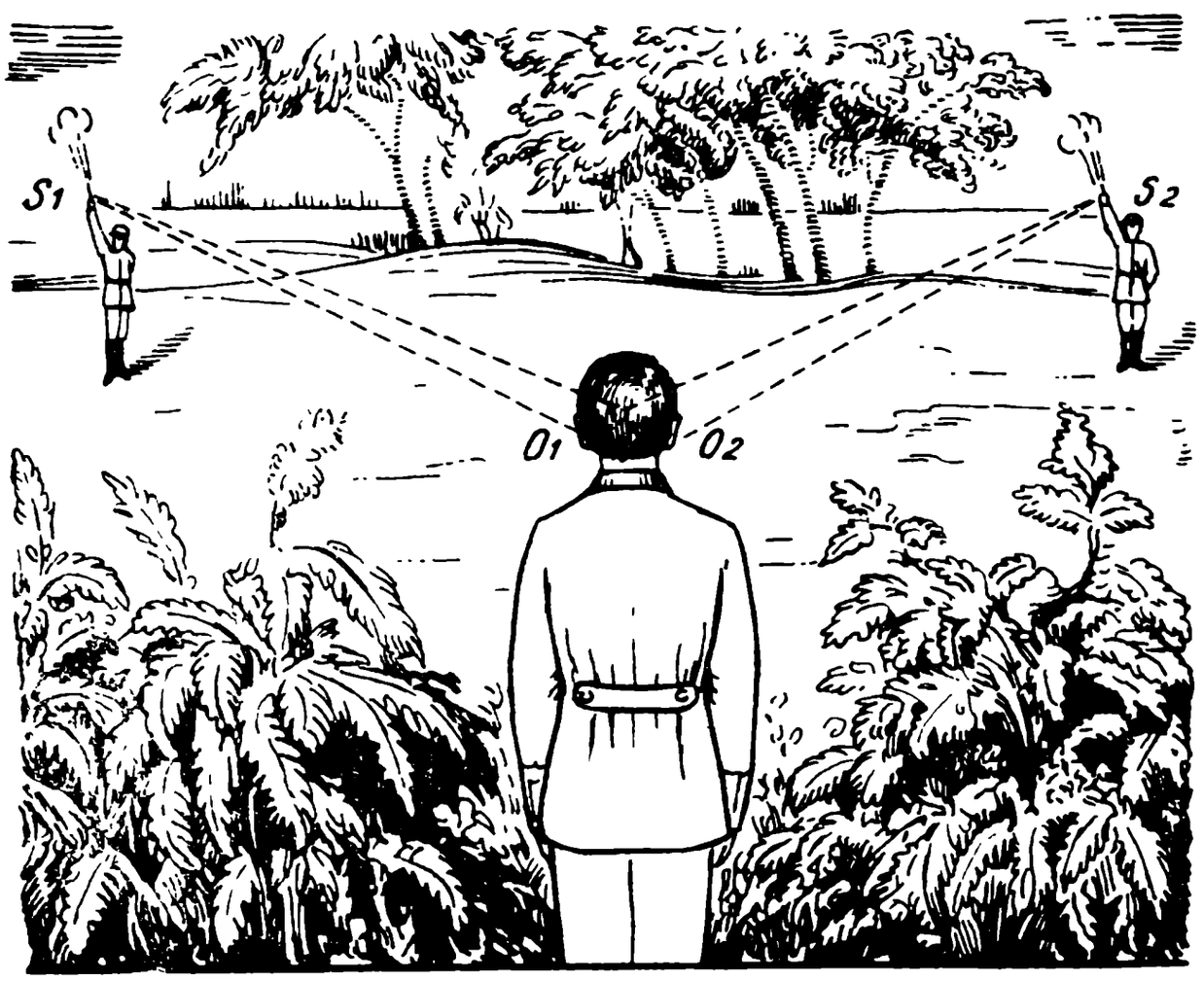


Figura 154 — Unde a detunat împuşcătura: în dreapta sau în stînga?

acolo, dar nu zăriți nimic; sunetul se aude deja din stînga. Priviți într-acolo, dar sursa sunetului s-a deplasat iar. Cu cît mai repede vă întoarceți în direcția în care cîntă greierul, cu atît mai repezi sînt salturile executate de acest muzicant invizibil. De fapt însă insecta nu și-a părăsit locul; salturile lui uimitoare nu sînt decît rodul imaginației dv., un rezultat al iluziei acustice. Greșeala constă în aceea că vă tot întoarceți capul, plasîndu-l astfel încît greierul se află în planul de simetrie al capului dumneavoastră. În aceste condiții, după cum știm, este ușor să greșim direcția din care vine sunetul: cîntecul greierului se aude din fața dv. și, din greșeală, vă imaginați că el vine exact din partea opusă.

De aici se poate trage și o concluzie practică: dacă vreți să determinați direcția din care vine cîntecul greierului, al cucului și alte sunete îndepărtate de acest fel nu vă întoarceți cu fața spre sunet, ci, dimpotrivă, într-o parte. De altfel chiar așa și procedăm cînd, cum se spune, „ciulim urechile".

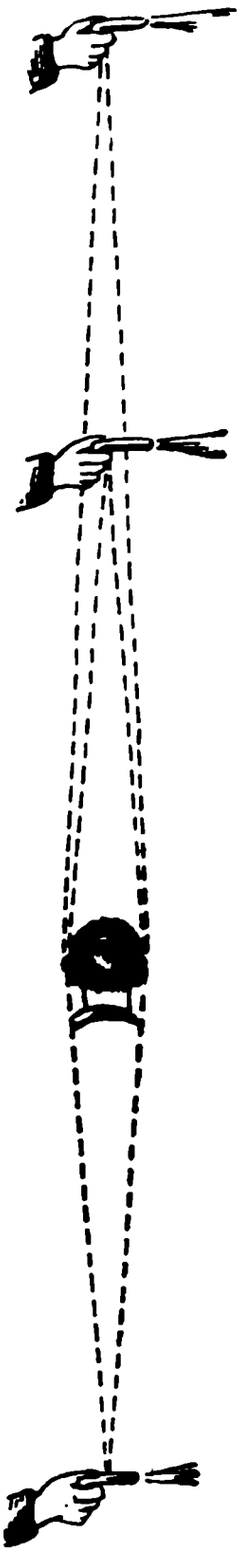


Fig. 155—Unde s-a produs detunătura?

CURIOZITĂȚILE AUZULUI

Cînd ronțăim pesmeți auzim un zgomot supărător, în timp ce vecinii noștri îi mănîncă fără a produce același zgomot. Cum reușesc ei să evite acest ronțăit neplăcut?

Este vorba de faptul că zgomotul există doar în urechile noastre și deranjează prea puțin urechile vecinilor. Oasele craniului, ca în general corpurile solide elastice, conduc foarte bine sunetele, iar într-un mediu compact zgomotele se amplifică uneori foarte mult. Ajungînd la ureche p r i n a e r, trosnetul pesmetului este perceput ca un zgomot ușor; dar același trosnet se transformă într-un zgomot puternic dacă ajunge la nervul auditiv prin oasele tari ale craniului. Iată încă o experiență din același domeniu: strîngeți între dinți inelul

unui ceas de buzunar şi astupaţi-vă urechile cu degetele: veţi auzi nişte lovituri puternice, într-atît se va amplifica tictacul ceasului.

Se spune că Beethoven, asurzind, „auzea" pianul aşezînd pe acesta un capăt al unui baston, iar capătul celălalt îl ţinea între dinţi. Tot astfel, surzii la care s-a păstrat urechea internă pot dansa în ritmul muzicii: sunetele ating nervii auditivi prin podea şi prin oase.

MIRACOLUL VENTRILOCULUI

„Miracolele" uimitoare ale ventrilocilor se bazează pe aceleaşi particularităţi ale auzului despre care am vorbit ceva mai sus.

„Dacă cineva umblă pe creasta acoperişului — scrie prof. Hampson —atunci, în interiorul casei, glasul lui produce impresia unei şoapte slabe. Pe măsură ce el se îndepărtează spre marginea clădirii, şoapta slăbeşte tot mai mult. Dacă ne aflăm în vreo cameră din casă, atunci urechea noastră nu ne va putea spune nimic despre direcţia sunetului şi distanţa pînă la persoana care vorbeşte. Dar, după modulaţiile vocii, raţiunea noastră va trage concluzia că persoana care vorbeşte se depărtează de noi. Dacă însă aceeaşi voce ne va spune că proprietarul ei se deplasează pe acoperiş, atunci noi credem cu uşurinţă această afirmaţie. În sfîrşit, dacă cineva ar începe să vorbească cu această persoană, aflată pasămite afară, şi ar primi răspunsuri raţionale, atunci s-ar obţine o iluzie totală.

Acestea sînt condiţiile în care acţionează ventrilocul. Cînd îi vine rîndul să vorbească omului de pe acoperiş, atunci ventrilocul bolboroseşte încet; cînd însă îi vine lui rîndul, atunci vorbeşte cu o voce plină, sonoră, pentru a sublinia contrastul cu cealaltă voce. Conţinutul observaţiilor şi răspunsurilor interlocutorului lui imaginar adînceşte iluzia. Singurul punct slab în această iluzie ar putea fi faptul că vocea aparentă a persoanei aflată afară este, de fapt, produsul omului de pe scenă, adică are o direcţie greşită".

Mai trebuie să menţionăm că denumirea de v e n t r i l o c este nepotrivită. Ventrilocul trebuie să le ascundă auditorilor lui faptul că, atunci cînd îi vine rîndul imaginarului partener, de fapt vorbeşte tot el. În acest scop el recurge la diferite şmecherii. Cu ajutorul a tot felul de gesturi el caută să distragă atenţia auditorului de la propria-i persoană. Plecîndu-se puţin şi ţinîndu-şi mîna pîlnie la ureche, el se preface că ascultă, dar în timpul acesta caută pe cît posibil să-şi ascundă buzele. Cînd nu-şi poate ascunde obrazul, atunci el caută să facă numai mişcările cele mai necesare ale buzelor. În ajutor îi vine faptul că adesea este suficientă doar o şoaptă neclară, slabă. Mişcările buzelor sînt atît de bine mascate, încît unii oameni îşi imaginează că vocea artistului iese de undeva din profunzimile trupului: de aici şi denumirea de ventriloc.

Astfel, „miracolul“ oferit de ventriloc se bazează în întregime doar pe faptul că noi nu sîntem în stare să determinăm cu exactitate nici direcţia sunetului şi nici distanţa pînă la corpul care emite sunetul. În ambianţa obişnuită realizăm aceasta doar cu aproximaţie; dar este suficient să ni se creeze nişte condiţii nu tocmai obişnuite de percepere a sunetului şi facem greşelile cele mai grosolane la determinarea direcţiei în care se află sursa lui. Eu însumi, urmărindu-l pe ventriloc, nu am putut să mă smulg iluziei, deşi înţelegeam bine despre ce era vorba.

O SUTĂ DE ÎNTREBĂRI LEGATE DE ACEST VOLUM AL **FIZICII DISTRACTIVE**

1. De cîte ori merge melcul mai încet decît pietonul?
2. Care sînt vitezele avioanelor moderne?
3. Poate oare omul să depăşească Soarele în cursa acestuia de 24 de ore pe bolta cerească?
4. Care este originea cuvîntului *clipă*?
5. Cum se realizează încetinirea nefirească a mişcării pe ecran?
6. Cînd se mişcă mai repede locuitorii globului pămîntesc în jurul Soarelui: la miezul zilei sau al nopţii?
7. De ce spiţele de sus ale unei roţi care se rostogoleşte par uneori contopite, în timp ce cele de jos se văd distinct?
8. Ce puncte ale unei locomotive în mişcare se deplasează cel mai încet? Ce părţi se mişcă înapoi?
9. De ce stelele par deplasate înainte în sensul mişcării Pămîntului pe orbita lui?
10. De ce, atunci cînd ne ridicăm de pe scaun, trebuie să aplecăm corpul înainte sau să punem picioarele sub scaun?
11. Cum se explică mersul aparte al bătrînilor marinari?
12. Prin ce se deosebeşte fuga de mers?
13. Cum trebuie să sărim dintr-un vagon aflat în mişcare? Motivaţi-vă răspunsul.
14. Cunoscutul mincinos Münchhausen povestea că prindea cu mîna obuzele de tun. Este într-adevăr acest lucru cu totul imposibil?
15. Este posibil oare ca, aflîndu-ne într-un automobil care goneşte cu o viteză mare, să prindem fără nici un pericol obiectele aruncate în el?
16. Un corp în cădere cîntăreşte mai mult sau mai puţin decît unul în repaus?

17. Orice obiect aruncat în sus trebuie să cadă înapoi pe Pămînt?

18. Este oare corect descris în romanul *De la Pămînt la Lună* al lui Jules Verne ceea ce se petrece în interiorul proiectilului în timpul zborului?

19. Se poate oare cîntări exact cu o balanţă inexactă, dar avînd greutăţi bune? Dar cu o balanţă exactă, avînd însă greutăţi inexacte?

20. Este avantajos pentru noi faptul că oasele scheletului lucrează ca niște pîrghii în condiţii cînd o forţă mare învinge o rezistenţă mică?

21. De ce schiorul nu se afundă în zăpada afînată?

22. De ce ni se pare moale un hamac împletit din sfoară?

23. Cum a fost realizată tragerea ultralungă?

24. De ce se înalţă zmeul de hîrtie?

25. Cînd o piatră cade în aer de la o înălţime mare, ea zboară mereu cu o viteză accelerată?

26. Ce viteză maximă atinge corpul unui om care cade cu paraşuta închisă?

27. Cum se explică zborul fantezist al bumerangului?

28. Oare putem afla fără a sparge coaja oului dacă el este crud sau fiert?

29. Unde sînt corpurile mai grele: în locurile apropiate de ecuator sau în cele apropiate de poli?

30. Cînd sămînţa încolţeşte pe janta unei roţi aflate în mişcare, în ce parte se îndreaptă tulpina tinerei plante?

31. Există vreo deosebire între „mişcare eternă“ şi *perpetuum mobile*?

32. Încercările de a construi un *perpetuum mobile* au fost încununate de succes?

33. Din ce parte suferă un corp cufundat în lichid o presiune mai mare : de sus, din lături sau de jos?

34. Ce se întîmplă dacă într-un borcan cu apă aflat pe platanul unei balanţe şi echilibrat cu greutăţi se cufundă o greutate mică suspendată de un fir ţinut în mînă?

35. Ce formă trebuie să ia lichidul lipsit de greutate? Răspunsul poate fi verificat prin experienţă?

36. De ce picăturile de ploaie sînt rotunde?

37. Este adevărat că petrolul pătrunde prin sticlă şi metale? Pe ce se bazează această părere?

38. Se poate realiza ca un ac de oţel să plutească pe apă?

39. Ce este flotația?

40. De ce săpunul spală murdăria?

41. De ce se înalță balonul de săpun? În ce fel de încăpere se înalță el mai repede: într-una rece sau într-una încălzită?

42. Ce este mai subțire și aproximativ de cîte ori: un fir de păr omenesc sau pelicula balonului de săpun?

43. Dacă pe o farfurie cu apă așezăm un pahar cu fundul în sus în care arde o bucățică de hîrtie, atunci apa se va aduna curînd sub pahar. De ce?

44. De ce se ridică apa în sus cînd este sorbită cu paiul?

45. Pe balanță, o bucată de lemn este echilibrată cu greutăți. Se va menține oare echilibrul dacă balanța este așezată sub clopotul unei pompe de vid și dacă aerul este evacuat?

46. Ce se va întîmpla cu balanța din întrebarea precedentă dacă ea este așezată în aer comprimat?

47. Dacă corpul dv. și-ar pierde greutatea, dar hainele și-ar păstra-o intactă, atunci ați mai rămîne pe suprafața Pămîntului sau v-ați înălța?

48. Există vreo deosebire între *perpetuum mobile* și motorul „fără cheltuieli"? S-a reușit să se construiască asemenea motoare?

49. Ce deteriorare amenință șinele de tramvai pe căldură mare? Dar în timpul gerului? De ce calea ferată nu este amenințată în aceeași măsură de acest pericol?

50. În ce anotimp atîrnă mai mult sîrmele de telegraf și de telefon?

51. Ce fel de pahare plesnesc mai des din cauza apei fierbinți: cele cu pereții groși sau cele cu pereții subțiri? Dar din cauza frigului?

52. De ce paharele pentru limonadă se fac cu fundul gros și de ce astfel de pahare nu pot fi folosite pentru ceai?

53. Din ce material transparent este cel mai bine să se fabrice vesela pentru ca ea să nu se spargă la cald și la rece?

54. De ce se încalță greu o cizmă pe piciorul înfierbîntat?

55. Este posibilă realizarea unui ceas care nu trebuie întors?

56. Se pot construi pe același principiu și mecanisme mari?

57. De ce se înalță fumul?

58. Cum veți proceda dacă veți dori să folosiți gheață pentru răcirea unei sticle cu limonadă?

59. Topirea gheţii se va accelera dacă o învelim în blană?
60. Este adevărat că zăpada încălzeşte Pămîntul?
61. De ce în conductele subterane apa nu îngheaţă în timpul iernii?
62. Unde anume în regiunea Moscovei este iarnă în iulie?
63. De ce într-un vas sudat se poate fierbe apă fără ca aliajul de sudură să se topească?
64. De ce cînd este ger puternic sania nu lunecă bine pe zăpadă?
65. De ce în zilele mai calde se obţin bulgări de zăpadă mai buni decît atunci cînd este ger?
66. De ce pe acoperişul clădirilor neîncălzite se formează ţurţuri de gheaţă?
67. De ce în ţinuturile ecuatoriale este mai cald decît în cele polare?
68. Cum s-ar schimba momentul răsăritului de Soare dacă lumina s-ar propaga instantaneu?
69. S-ar schimba oare acţiunea telescoapelor şi a microscoapelor dacă lumina s-ar propaga instantaneu în orice mediu?
70. Pot fi silite razele de lumină să ocolească obstacolele?
71. Cum este construit periscopul?
72. Pentru a vă vedea mai bine faţa în oglindă, unde trebuie aşezată lampa: în faţa sau în spatele dv.?
73. Există o asemănare perfectă între faţa noastră şi imaginea ei reflectată în oglindă?
74. Se poate trage vreun folos practic din caleidoscop?
75. Cum se poate obţine focul cu ajutorul gheţii?
76. La latitudinile noastre se pot vedea miraje?
77. Ce este „raza verde"?
78. Cum trebuie privite fotografiile?
79. De ce fotografiile apar în relief şi capătă profunzime cînd sînt privite prin lupă sau într-o oglindă concavă?
80. De ce filmele de cinematograf se vizionează cel mai bine stînd în rîndurile de la mijloc?
81. De ce este mai bine să privim picturile închizînd un ochi?
82. În ce constă esenţa acţiunii stereoscopului?
83. Putem să ne asemuim vederea cu cea a uriaşului din poveste?
84. Ce este luneta-foarfece?
85. Care este cauza luciului?

86. De ce un peisaj pare mai profund dacă este privit prin fereastra unui vagon care se mișcă repede?

87. Cum se obțin fotografiile stereoscopice ale corpurilor cerești?

88. Pe ce se bazează efectul așa-numitului „miracol al umbrelor“?

89. Ce culoare pare să aibă un steag roșu în lumină albastră?

90. Explicați sensul cuvintelor *iradiație* și *astigmatism*.

91. Există portrete care parcă ne urmăresc cu ochii. Cum se explică aceasta?

92. Cui i se par stelele luminoase mai mari: omului cu vedere normală sau miopului?

93. Ați auzit ecoul la 1,5 secunde după ce ați bătut din palme. Cît de departe de dumneavoastră este obstacolul?

94. Există oglinzi acustice?

95. Unde se propagă sunetul mai repede: în aer sau în apă?

96. Indicați aplicațiile tehnice ale ecoului.

97. De ce zumzăie albina?

98. De ce este greu să descoperiți greierul care cîntă lîngă dumneavoastră?

99. Prin ce se transmit mai bine sunetele: prin aer sau prin medii dense?

100. În ce se rezidă secretul „ventriloculuiˮ?

INDICE DE NUME[1]

Arhimede (287—212 î.e.n.)

Ilustrul matematician și fizician al antichității s-a născut și a trăit în orașul Siracuza.

A fost un talentat inventator și tehnician. A organizat apărarea orașului Siracuza împotriva cotropitorilor, construind în acest scop diferite mașini.

Arhimede a murit la Siracuza în timpul războiului cu romanii. Legenda spune că un soldat roman a împlîntat pumnalul în savantul adîncit într-o problemă.

Aristofan (450—385 î.e.n.)

Scriitor grec. Autor al multor comedii scrise cu tendințe politice.

Cu un umor inepuizabil își bate joc de educația sofiștilor (nu-l cruță nici pe Socrate), de demagogie, de ambițiile nesăbuite ale atenienilor, precum și de politicienii veroși.

Este unul dintre marii poeți ai tuturor timpurilor.

Bacon Francisc (1561—1626)

Om de stat, filozof și naturalist englez.

În lucrările sale filozofice pune bazele metodei inductive, plecînd de la considerentul că observarea și cercetarea sistematică a lucrurilor formează temeiul științelor.

A scris și lucrări istorice și literare.

Beethoven Ludwig van (1770—1827)

Compozitor german.

---

[1] Întocmit de traducători.

Deşi la vîrsta de 30 de ani şi-a pierdut simţul auzului a continuat să compună lucrări muzicale.

Fiind un partizan al principiilor republicane, în compoziţiile sale a exprimat frămîntările pentru libertate ale epocii sale şi lupta dusă pentru triumful dreptăţii.

A compus 9 simfonii, 32 sonate, cantate, o dramă muzicală etc.

Borda Jean Charles (1733—1779)

Matematician şi marinar francez.

Ca marinar a călătorit mult acumulînd vaste cunoştinţe. Mai tîrziu a fost funcţionar în Ministerul Marinei, unde a desfăşurat o activitate ştiinţifică multilaterală. A construit mai multe instrumente astronomice. A colaborat la introducerea noului sistem de măsuri şi greutăţi.

Borrelli, Giovani Alfonso (1608—1679)

Medic şi matematician italian.

La început a fost profesor la Messina, apoi la Universitatea din Pisa, unde a predat matematica, fizica, astronomia şi medicina. Opera cea mai importantă a acestui învăţat poartă titlul: *De motu animalium* (Despre mişcarea animalelor).

Carpenter, William Benjamin (1813—1885)

Fiziolog şi psiholog englez.

Profesor universitar de medicină la Londra.

Sînt remarcabile, între altele, cercetările sale privind stările fizice şi biologice din fudul mărilor.

Cehov, Anton Pavlovici (1860—1904)

Scriitor rus.

S-a născut în oraşul Taganrog. A studiat medicina pe care a practicat-o însă puţin. Activitatea literară şi-a început-o ca elev de liceu. A publicat numeroase nuvele, drame şi descrieri de călătorie. În opera sa zugrăveşte cu talent contradicţiile din viaţa Rusiei ţariste, dînd o imagine a claselor sociale în preajma revoluţiei burghezo-democratice.

A exercitat o influenţă considerabilă asupra dezvoltării literaturii ruse şi mondiale.

Este un reprezentant de seamă al realismului critic în literatura universală.

Daguerre, Louis Jacques Mande (1789—1851)

Pictor decorator francez.

A inventat prima metodă de fotografiat. În camera obscură a așezat o placă de cupru argintată, expusă vaporilor de iod. Placa a developat-o cu vapori de mercur și a fixat imaginea cu clorură de sodiu (dagherotipie). Expunerea a durat foarte mult.

Tot el a inventat și diorama, un tablou pictat pe o pînză mare, întinsă pe un plan și luminată astfel ca spectatorii să creadă că privesc un peisaj veritabil.

Dewar, James (1842—1923)

Fizician și chimist englez.

A fost profesor universitar de fizică și chimie la diferite instituții de învățămînt superior din Anglia. A publicat mai multe studii în domeniul fizicii și chimiei (despre gaze, lichide, magnetism etc.).

Dickens, Charles (1812—1870)

Romancier englez foarte fecund. Reprezentant al realismului critic.

A fost ucenic, apoi ziarist.

În romanele sale biciuiește stările sociale din vremea sa. Înfățișează mizeria cruntă a oamenilor asupriți.

Pentru a aduna material a călătorit mult.

A scris și comedii, precum și literatură pentru copii.

Dove, Heinrich Wilhelm (1803—1879)

Fizician și meteorolog german.

A fost profesor la Universitatea din Königsberg, apoi la cea din Berlin. S-a ocupat cu meteorologia, domeniu în care a obținut unele rezultate ce și-au păstrat valoarea pînă astăzi.

Eiffel, Alexandre Gustave (1832—1923)

Inginer constructor francez.

Autorul a mai multor construcții mari din Franța și din alte țări. Este vestit turnul Eiffel, construit pentru expoziția din Paris din anul 1889. Turnul, așezat pe o temelie de beton, are o înălțime de 305 m și o greutate de 9 000 000 kg.

Euler, Leonhard (1707—1783)

Matematician și fizician elvețian.

Mult timp din activitatea sa științifică și-a desfășurat-o ca profesor la Universitatea din Petersburg[1].

În toate domeniile fizicii și matematicii a depus o activitate intensă, pe care n-a întrerupt-o nici după ce a rămas orb.

A adus contribuții importante la calculul variațiilor, în teoria ecuațiilor diferențiale, în optică, mecanică, astronomie etc.

Fergusson, James (1710—1776)

Astronom și mecanician englez. A publicat lucrări în domeniul astronomiei, mecanicii, hidrostaticii și opticii. A ținut multe conferințe pentru popularizarea științei.

Fermat, Pierre (1601—1665)

Matematician și om de stat francez. Majoritatea lucrărilor sale au fost editate după moartea sa. Cele mai valoroase rezultate le-a obținut în teoria numerelor și în calculul probabilităților.

Mare vîlvă a făcut teorema lui, încă nedemonstrată, că rădăcinile ecuației $x^n + y^n = z^n$, unde n este un număr natural mai mare ca 2, nu pot fi numere întregi.

În fizică, de numele lui este legat principiul de bază al opticii geometrice.

Franklin, Benjamin (1706—1790)

Om politic american, cercetător al naturii.

La vîrsta de 12 ani a lucrat ca ucenic în tipografia fratelui său, unde și-a însușit numeroase cunoștințe. A fost ziarist, librar și tipograf.

La vîrsta de 40 de ani a început să se ocupe de politică, luptînd pentru independența Statelor Unite ale Americii.

De trei ori a fost ales guvernator al statului Pennsylvania. Personalitate cu vederi progresiste.

A făcut multe experiențe în domeniul electricității. A inventat paratrăsnetul.

Galilei, Galileo (1564—1642)

Savant italian, născut la Pisa. La început s-a pregătit pentru medicină la Universitatea din Paris. Studiind fizica

---

[1] Leningradul de azi.

lui Aristotel a semnalat lipsurile ei. Pentru a le putea combate, a început să studieze matematica, considerînd-o ca bază în cercetarea naturii. A activat la Firenze. Începînd din anul 1589 a fost profesor de matematică la Pisa, iar mai tîrziu la Universitatea din Padua.

A desfășurat o activitate multilaterală, studiind mișcarea pendulului, greutatea specifică a corpurilor, căderea liberă a corpurilor, legea inerției etc.

A construit o lunetă care l-a ajutat la diferite descoperiri astronomice.

Pentru descoperirile sale și atașamentul la sistemul planetar al lui Copernic a suferit pînă la moarte persecuții din partea inchiziției papale.

Din lucrările lui Galilei au fost traduse în limba română două: *Dialoguri asupra științelor noi* și *Dialog despre cele două sisteme principale ale lumii: ptolemeic și copernician.*

Goethe, Johann Wolfgang (1749—1832)

Poet german.

Una dintre personalitățile marcante ale literaturii universale.

A studiat dreptul, obținînd doctoratul în drept, dar l-au interesat mai mult artele frumoase și științele naturii. A cunoscut operele literaturilor eline și romane, precum și tezaurul folcloric al poporului său. A călătorit mult.

A desfășurat o activitate foarte vastă. A creat opere nepieritoare în domeniul liricii, epicii și dramei. A publicat lucrări filozofice și s-a ocupat de cercetări în domeniul științelor naturii.

Gogol, Nikolai Vasilievici (1809—1852)

Scriitor rus.

Reprezentant al realismului critic rus.

A scris romane, nuvele și comedii.

Ca umorist ocupă un loc de frunte în literatura universală.

Creația sa literară a exercitat o influență asupra dezvoltării lit raturii ruse și universale.

Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand von (1821—1894)

Fizician și fiziolog german.

A fost profesor de fiziologie, iar din anul 1871 profesor de fizică la Universitatea din Berlin.

De numele lui se leagă mai multe descoperiri.

A lucrat în toate domeniile fizicii, dar a desfășurat o vastă activitate și în domeniul fiziologiei.

Heron din Alexandria (sec. I sau II î.e.n.)

Tehnician, fizician, matematician grec.

În lucrările sale, care ni-l prezintă ca pe o personalitate cu simț practic și inventiv deosebit, descrie instrumente acționate de aer cald și de abur. A construit, între altele, jucării hidraulice și mecanice, apoi un instrument pentru măsurări de lungimi și altitudini, numit *dioptră.*

A cunoscut legile reflexiei luminii.

Izmailov, Alexandr Efimovici (1779—1831)

Scriitor și jurnalist rus.

Este cunoscut mai ales ca fabulist.

În fabulele lui critică aristocrația și preamărește demnitatea umană.

James, William (1842—1910)

Filozof și psiholog idealist american.

A fost profesor universitar de filozofie.

Jerome, Jerome Klapka (1859—1927)

Scriitor umorist englez.

A fost învățător și mai tîrziu ziarist. A publicat romane, comedii și descrieri de călătorii.

Karonin, S. (1853—1892)

Adevăratul nume: Petropavlovski Nikolai Epidiforovici.

Scriitor rus.

În numeroase schițe și povestiri a zugrăvit în mod veridic viața satului rus după reforma din anul 1861.

Lord Kelvin (numele inițial *William Thomson*) (1824—1907)

Naturalist englez.

A studiat la Universitățile din Glasgow, Cambridge, Paris. La vîrsta de 22 ani a devenit profesor de fizică la Universitatea din Glasgow. De atunci, pînă la sfîrșitul vieții a desfășurat o activitate științifică deosebit de vastă.

Cercetările lordului Kelvin au privit mai multe capitole ale fizicii ca: optica, elasticitatea, electricitatea, termodinamica și magnetismul. A construit mai multe instrumente de mare precizie.

Kerner von Marilaun, Anton Josef (1831—1898)

Botanist din Austria.

A studiat medicina. A fost profesor universitar de botanică la universitățile din Innsbruck și Viena. A scris mai multe cărți din domeniul botanicii. Lucrarea sa *Das Pflanzenleben* (Viața plantelor) a fost tradusă în mai multe limbi.

Lavoisier, Antoine Laurent (1743—1794)

Fizician și chimist francez.

A cercetat teoria arderii, a analizat apa, a elaborat principiul conservării materiei și a folosit balanța pentru cercetările sale.

A avut un sfîrșit tragic, fiind condamnat la moarte ca fost arendaș al impozitelor.

Lomonosov, Mihail Vasilievici (1711—1765)

Savant enciclopedist și scriitor rus.

A fost profesor de chimie la Universitatea din Petersburg. A desfășurat o intensă activitate științifică în domeniul fizicii, chimiei și geologiei, făcînd diferite descoperiri.

A scris ode, cîntece și epistole. A scris prima gramatică sistematică a limbii ruse.

Universitatea din Moscova îi poartă numele.

Mendeleev, Dmitri Ivanovici (1834—1907)

Chimist rus.

Profesor la Universitatea din Petersburg.

În activitatea sa de chimist cea mai importantă realizare a fost crearea sistemului periodic al elementelor, una din cele mai mari generalizări ale chimiei, prin care a prevăzut existența unor elemente atunci necunoscute, dar descoperite mai tîrziu.

Nekrasov, Nikolai Alekseevici (1821—1877)

Poet rus.

A continuat tradiţiile revoluţionare ale lui A. S. Puşkin şi M. I. Lermontov, fiind şi el un democrat revoluţionar. Activitatea lui a avut o influenţă considerabilă asupra formării poeziei sovietice.

Newton, Isaac (1643—1727)

Matematician, fizician şi astronom englez.

A desfăşurat o activitate ştiinţifică multilaterală. Şirul binomial, calculul diferenţial, gravitaţia generală, legile fundamentale ale mecanicii, teoria luminii, diferite aparate optice şi numeroase alte lucrări teoretice şi experimentale l-au făcut nemuritor.

Pascal, Blaise (1623—1662)

Matematician, fizician şi filozof francez. S-a născut în Clermont. La vîrsta de 16 ani a scris o lucrare despre secţiunile conice. A lucrat în diferite domenii ale matematicii şi fizicii. De numele lui se leagă mai multe descoperiri ca: spirala lui Pascal, paradoxul hidrostatic al lui Pascal, triunghiul lui Pascal etc. A folosit, pentru prima dată, barometrul la măsurarea înălţimilor.

Petropavlovski, Nikolai Epidiforovici

Vezi Karonin.

Philon din Bizanţ (sec. I î.e.n.)

Fizician grec.

În lucrarea sa *Mechanica syntaxis* tratează mai multe probleme de mecanică. A construit maşini de aruncat.

Plateau, Joseph (1801—1883)

Fizician belgian.

A fost profesor la Universitatea din Geneva. A cercetat fenomenele optice, capilare şi suprafaţa lichidelor aflate în echilibru.

Puşkin, Alexandr Sergheevici (1799—1837)

Poet rus.

A scris poezii lirice şi epice, romane, nuvele şi piese de teatru. Puşkin este unul din marii lirici ai literaturii universale.

A fost ucis într-un duel.

Saltîkov, Mihail Efgrafovici (1826—1889) (Pseudonimul său este N. Scedrin).

Scriitor satiric rus.

Ca patriot bun nu s-a putut împăca cu situaţia din Rusia ţaristă şi în scrierile sale satirice a criticat cu asprime moravurile claselor conducătoare, contribuind astfel la îndreptarea unora din ele.

Schiller, Friedrich von (1759—1805)

Poet german.

La începutul carierii a fost medic militar în Wűrttemberg. A scris piese cu caracter filozofic şi cu tendinţă revoluţionară. Mai tîrziu a fost numit profesor universitar la Jena.

A publicat numeroase opere valoroase: drame istorice, poezii epice şi balade.

Schiller şi prietenul său, Goethe, sînt consideraţi ca cei mai mari poeţi ai Germaniei.

Secenov, Ivan Mihailovici (1829—1905)

Biolog rus. Fondatorul şcolii biologice ruse.

În studiile sale biologice s-a bazat pe concepţii materialiste asupra lumii.

A avut multe descoperiri importante în domeniul fiziologiei sistemului nervos.

Stevin (*Stevinus*), *Simon* (1548—1620)

Matematician şi fizician olandez.

A intrat în serviciul principelui de Orania, Mauriciu de Nassau, care i-a încredinţat organizarea artileriei şi fortificarea cetăţilor.

A publicat o tabelă de dobînzi, mult apreciată de negustori.

În anul 1585 a apărut lucrarea *De thiende* scrisă în limba olandeză şi tradusă imediat în limba latină şi franceză. Lucrarea, care este primul tratat sistematic al operaţiilor cu fracţii zecimale, conţine şi un apel către guvernele tuturor ţărilor de a introduce un sistem zecimal de măsuri. S-a ocupat şi cu hidrostatica.

Torricelli, Evanghelista (1608—1647)

Fizician italian.

După moartea lui Galileo Galilei (1642) a luat locul fostului său profesor, devenind matematician și fizician la curtea prințului de Toscana.

Experiența lui Torricelli pentru demonstrarea presiunii atmosferice asupra obiectelor a servit ca punct de plecare pentru inventarea barometrului.

S-a ocupat și cu optica, îmbunătățind instrumentele pentru cercetarea corpurilor cerești.

Twain, Mark (1835—1910)

Adevăratul său nume a fost Samuel Langhorne Clemens.

Scriitor și publicist american, celebru prin scrierile sale umoristice.

A fost tipograf, marinar și apoi ziarist. A călătorit mult. A scris romane, nuvele, descrieri de călătorie, schițe umoristice.

Este fondatorul realismului critic în literatura americană.

Verne, Jules (1828—1905)

Scriitor francez foarte fecund.

A scris romane de aventuri și de popularizare a științei, cuprinzînd teorii considerate, pe vremea lui, fantastice, azi însă integral sau parțial realizabile.

Este fondatorul romanului științifico-fantastic.

Wells, Herbert George (1866—1946)

Scriitor și publicist englez cu renume. Bun cunoscător al științelor naturii.

Romanele și nuvelele sale, foarte răspîndite, conțin și idei fantastice pe lîngă multe elemente reale din științele naturii.

Wheatstone, Charles (1802—1875)

Fizician englez.

Inventator iscusit. Are mai multe descoperiri în domeniul fizicii. Un aparat pentru măsurarea rezistenței electrice poartă numele de *punte a lui Wheatstone*. A construit, între altele, și mașini electromagnetice. Inventatorul stereoscopului.

Wolf, Christian (1679—1745)

Filozof și matematician german.

A studiat teologia, filozofia și matematica. A fost profesor de matematică și fizică la Halle.

A fondat studiul logic al filozofiei germane. Lucrările sale de filozofie și matematică, scrise în limbile germană și latină, au fost mult răspîndite în Europa.